

ЛЮБИТЕЛЯМ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

УСТРОЙСТВО БЕСПРОВОДНОГО ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

И. ПИМЕНОВ, Ю. МИХАЙЛОВ

В связи с высокими требованиями, предъявляемыми к современной бытовой телевизионной и радиоприемной аппаратуре, проводное дистанционное управление является устаревшим. Более удобным считается беспроводное дистанционное управление (БДУ). Известны устройства БДУ, в которых команды передаются световым лучом, электромагнитными волнами радио- и ультразвуковых частот. Первые два способа не нашли практического применения из-за ложных срабатываний от случайных световых помех, плохой помехозащищенности от волн других радиочастот и нежелательных излучений.

При использовании ультразвуковых частот устройства БДУ обладают лучшей помехозащищенностью. Принцип действия одного из таких устройств БДУ заключается в следующем. В его приемнике сигналы, излучаемые выносным датчиком в диапазоне ультразвуковых колебаний

1 532

30—50 кГц, подвергаются частотной селекции, то есть управление органами регулировки приемника производится передачей команд управления на определенных частотах и выделением их в приемнике селективными каскадами. В этом случае для *n* реверсивных регулировок (под реверсивной регулировкой подразумеваются команды «больше» и «меньше», например: «яркость-больше» и «яркость-меньше» в телевизоре) требуется 2*n* дискретных частот и, следовательно, 2*n* селективных каскадов.

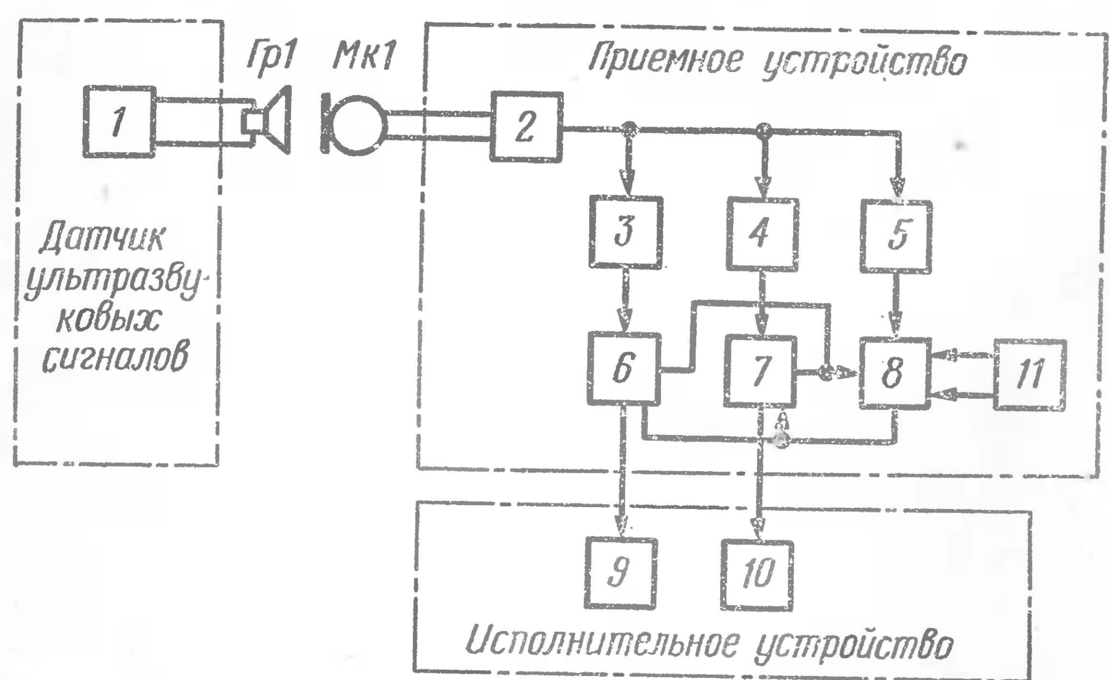


Рис. 1. Структурная схема устройства беспроводного дистанционного управления

Увеличение числа необходимых команд потребует расширения диапазона частот (в телевизорах между 2-й и 3-й гармониками частоты строк) или сужения полосы частот, пропускаемых селективными каскадами. Это нежелательно, так как приведет к снижению надежности работы системы БДУ и повышению трудоемкости ее налаживания.

Для увеличения функциональных возможностей при заданном диапазоне частот и упрощения приемника системы БДУ используется способ передачи и селекции ультразвуковых колебаний с так называемым пилот-сигналом. Структурная схема такого устройства БДУ изображена на рис. 1.

Датчик ультразвуковых сигналов *1* вырабатывает сигналы дискретных частот, число которых соответствует *n* реверсивным органам регулировки (например, двум), и сигнал вспомогательной частоты $f_{всп}$. При выполнении команд «больше» датчик посылает сигналы частотой f_1 или f_2. Они усиливаются в приемном устройстве широкополосным усилителем *2*, проходят через соответствующие им селективные каскады *3* или *4* и заставляют срабатывать ключевые *6* или *7* и исполнительные *9* или *10* устройства.

При выполнении же команд «меньше» датчик излучает колебания сначала частотой $f_{всп}$, а затем f_1 или f_2. В этом случае в приемном устройстве вначале сигнал вспомогательной частоты через селективный каскад *5* управляет ключевым устройством *8*. Оно обеспечивает подачу на все ключевые каскады напряжения питания *11* другой полярности. Затем сигнал основной частоты, пройдя через селективный каскад, соответствующий выбранной команде, вызовет срабатывание ключевого и исполнительного устройств. Причем ключевое устройство сигнала основной частоты удерживает ключевое устройство *8* вспомогательного сигнала на время отработки команды в необходимом состоянии.

Таким образом, выполнение шести команд управления в данном устройстве осуществляется сигналами четырех частот, десяти команд управления — сигналами шести частот и т. д., что приводит к уменьшению числа селективных каскадов по сравнению с системой без пилот-сигнала.

В случае использования 3-х реверсивных и 2-х нереверсивных регулировок в телевизионных приемниках датчик ультразвуковых сигналов передает восемь команд управления на шести частотах:

выключение телевизора («*Выкл.*»)	33 кГц;
насыщенность больше («*Насыщ.* Б»)	35,5 кГц;
насыщенность меньше («*Насыщ. М*»)	45 кГц + 35,5 кГц;
громкость больше («*Громк.* Б»)	38 кГц;
громкость меньше («*Громк. М*»)	45 кГц + 38 кГц;
переключение каналов («*Каналы*»)	40,5 кГц;
яркость больше («*Ярк. Б*»)	43 кГц;
яркость меньше («*Ярк. М*»)	45 кГц + 43 кГц.

В пульте управления электрические колебания в ультразвуковые преобразуются ультразвуковым преобразователем. В приемнике с помощью такого же преобразователя происходит обратное преобразование. Любой ультразвуковой преобразователь может работать как с напряжением поляризации (с подпиткой), так и без нее. В первом случае частота излучаемых колебаний равна частоте возбуждающего сигнала, во втором же — частота излучаемых

колебаний равна удвоенной частоте возбуждающего сигнала.

В пульте управления БДУ подпитка не используется. Подача же напряжения подпитки (100—150 В) на преобразователь значительно повышает чувствительность его приемника. При этом дальность действия устройства БДУ составляет 10 м.

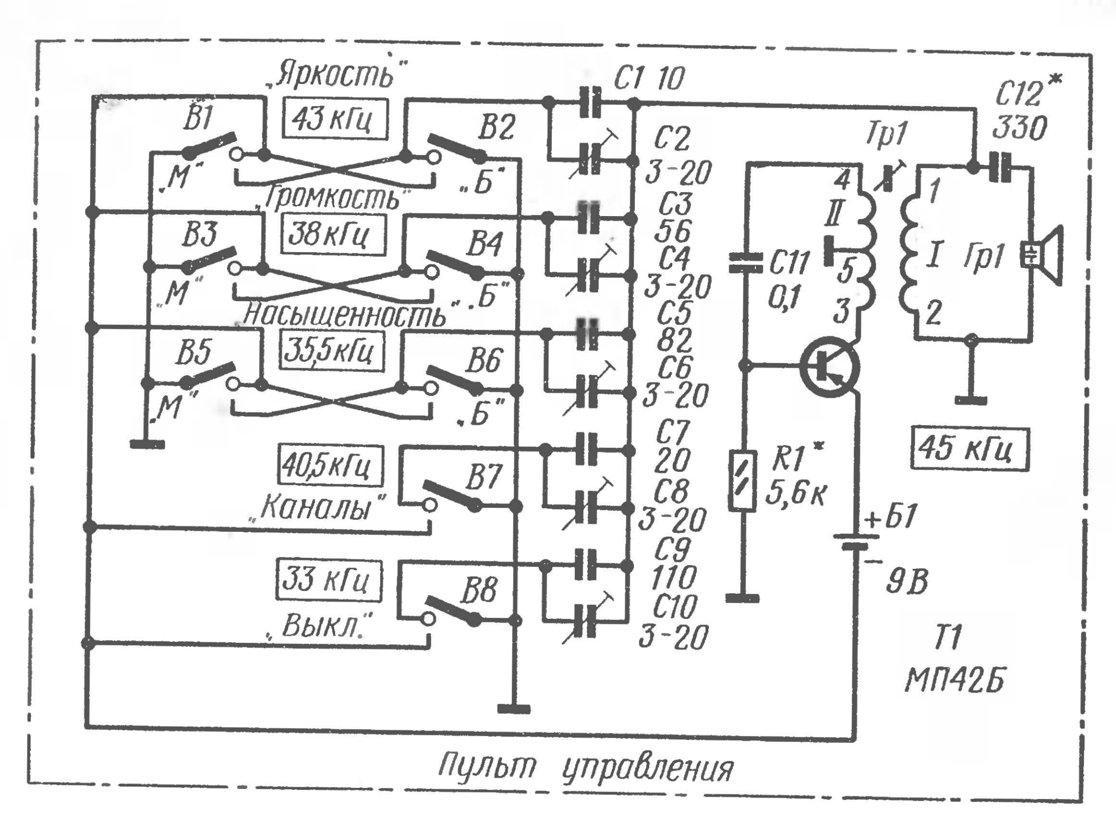


Рис. 2. Принципиальная схема пульта БДУ

Пульт БДУ является датчиком ультразвуковых колебаний. Он состоит (рис. 2) из автогенератора электрических колебаний, выполненного на транзисторе *Т1*, и ультразвукового преобразователя *Гр1*.

Автогенератор собран по схеме индуктивной трехточки. Резонансный контур его—часть обмотки *II* (*4—5*) трансформатора *Тр1* и паразитные емкости—настроен на высшую для автогенератора частоту 22,5 кГц. При подаче электрических колебаний на ультразвуковой преобразователь без напряжения подпитки последний излучает акустические колебания удвоенной частоты. С учетом этого сигналы команд частотой 21,5; 19,0; 17,75; 20,25 и 16,5 кГц получают, подключая соответственно кнопками *В2*, *В4*, *В6*, *В7* и *В8* дополнительные конденсаторы через трансформатор *Тр1* к колебательному контуру. При нажатии каждой из кнопок вначале к контуру подключаются конденсаторы, а затем подается напряжение питания на автогенератор.

Сигналы команд последовательностей частот 22,5 + + 17,75 кГц; 22,5+19,0 кГц и 22,5 + 21,5 кГц получают, включая кнопками *В1*, *В3* и *В5* вначале напряжение питания автогенератора, а затем к колебательному контуру трансформатора *Тр1* дополнительные конденсаторы.

Подстроечные конденсаторы *С2*, *С4*, *С6*, *С8* и *С10* необходимы для более точной настройки контура автогенератора на соответствующие частоты.

Разделительный конденсатор *С12* служит для уменьшения влияния нестабильности емкости преобразователя на частоту излучаемых колебаний.

Приемник устройства (рис. 3) состоит из широкополосного усилителя, собранного на транзисторах *Т2—Т5*, и шести селективных каскадов на транзисторах *Т6—Т11*. Преобразователь *Мк1* обеспечивает на входе широкополосного усилителя при приеме напряжение сигналов команд управления не менее 20 мкВ. На преобразователь подано напряжение подпитки +150 В для устранения удвоения частоты принимаемого сигнала и повышения чувствительности приемника устройства БДУ. Эмиттерный повторитель на транзисторе *Т2* предназначен для согласования входного сопротивления следующего каскада с сопротивлением ультразвукового преобразователя *Мк1*.

Три каскада широкополосного усилителя (*Т3—Т5*) обеспечивают коэффициент усиления по напряжению 60 × × 10^3 в диапазоне частот 30—50 кГц. Каскады не имеют каких-либо особенностей, кроме последнего на транзисторе *Т5*. Нагрузкой транзистора *Т5* служит понижающий трансформатор *Тр2*, первичная обмотка которого вместе с конденсатором *С22* образует резонансный контур, настроенный на среднюю частоту рабочего диапазона. Резистор *R18*, шунтирующий контур, увеличивает полосу пропускания.

Чтобы избежать при подаче команды управления с расстояния менее 4 м ложного срабатывания соседнего по частоте селективного каскада, на выходе широкополосного усилителя включен двусторонний ограничитель на диодах *Д1*, *Д2*.

При приеме сигнала одной из команд управления на вторичной обмотке трансформатора *Тр2* напряжение управления составляет не менее 0,3 В.

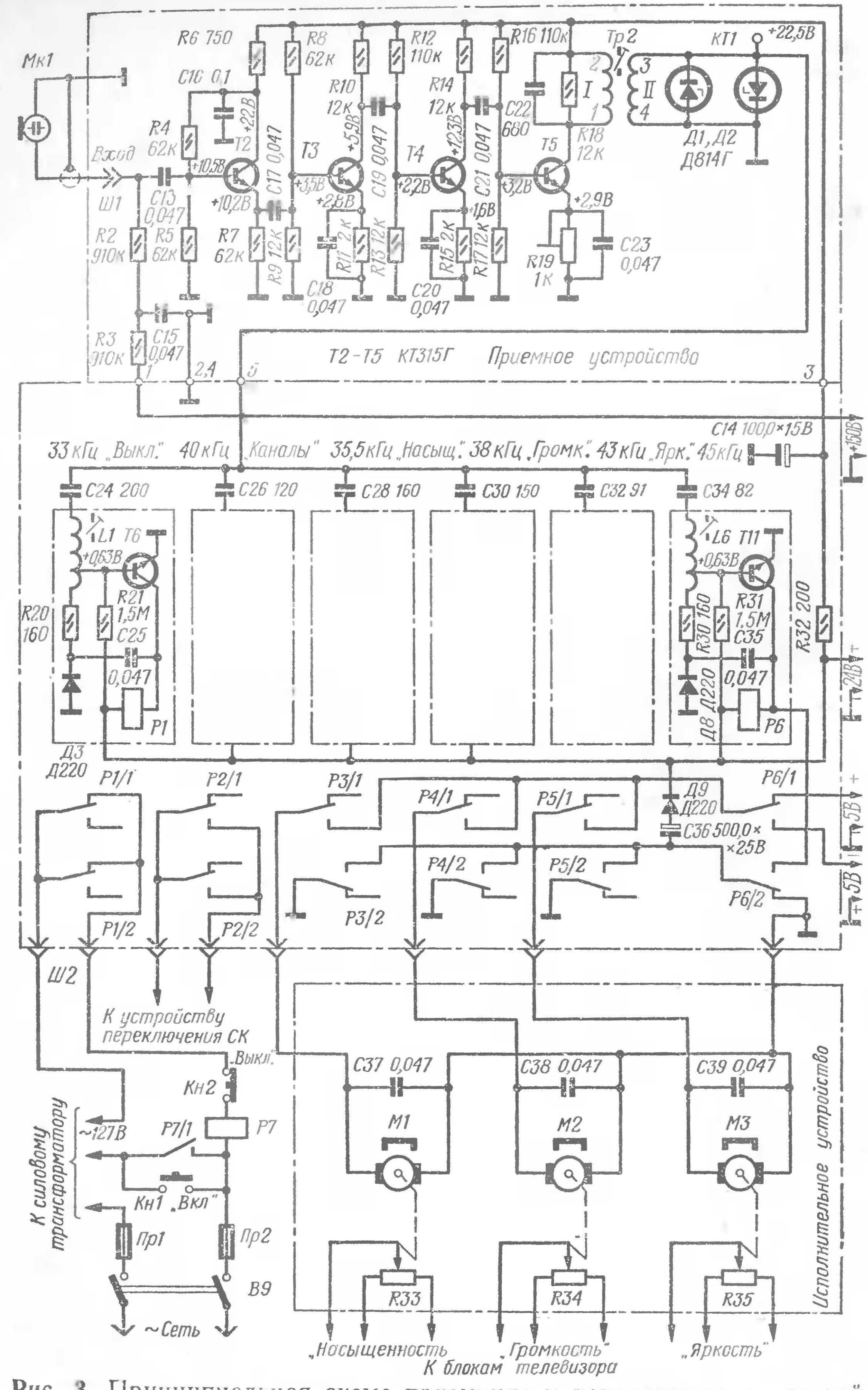


Рис. 3. Принципиальная схема приемника и исполнительного устройства БДУ

Селективными каскадами устройства БДУ являются электронные реле на транзисторах *Т6—Т11* с положительной обратной связью по постоянному току. На входе каждого каскада включен последовательный колебательный контур (*L1C24*, ..., *L6C34*). Для получения его полосы пропускания 1,5—2,0 кГц и снижения влияния входного сопротивления транзистора на добротность контура коэффициент включения транзистора выбран равным 0,1.

Режимы работы транзисторов *Т6—Т11* подобраны так, что при отсутствии сигнала на входе их коллекторные токи намного меньше токов срабатывания реле *Р1—Р6*.

Рассмотрим, например, как работает каскад на транзисторе *Т6*. Поступивший на вход этого каскада сигнал усиливается транзистором *Т6* и через конденсатор *С25* подается на диод *Д3*. Выпрямленное им напряжение через резистор *R20* поступает на базу транзистора *Т6*, переводя его в режим насыщения. При этом реле *Р1* срабатывает.

Контакты реле *Р1—Р5* управляют исполнительным устройством, состоящим из реле *Р7* и трех электродвигателей *М1*, *М2* и *М3*. Контакты реле *Р6* осуществляют изменение полярности напряжения питания, подаваемого на исполнительное устройство, при использовании вспомогательного сигнала частотой 45 кГц.

При нажатии, например, на кнопку *В3* «*Громк. М*» с пульта управления сначала излучается акустический сигнал частотой 45 кГц. После преобразования и усиления сигнал вызывает срабатывание электронного реле на транзисторе *Т11* в приемнике устройства БДУ. Контактами реле *Р6* напряжение источника питания, подаваемое на электродвигатели исполнительного устройства, изменяется на противоположное по знаку.

При дальнейшем нажатии кнопки *В3* излучается сигнал частотой 38 кГц, который заставляет сработать каскад на транзисторе *Т9*. При этом через замкнувшиеся контакты реле *Р4* подается питание на электродвигатель *М2* исполнительного устройства.

В промежуток времени между переходом от излучения сигнала частотой 45 кГц к излучению сигнала частотой 38 кГц реле *Р6* удерживает свои контакты в необходимом состоянии за счет разряда конденсатора *С36* через диод *Д9* и обмотку. Реле *Р4* при срабатывании своими контактами подключает обмотку реле *Р6* к источнику питания и обеспечивает дальнейшее выполнение команды «*Громк. М*».

Выключение телевизора осуществляется через реле *Р1*. Его контакты разрывают цепь питания реле *Р7*, которое, в свою очередь, выключает телевизор контактами *Р7/1*. Для ручного включения и выключения телевизионного приемника служат кнопки *Кн1* и *Кн2*.

Исполнительное устройство переключения каналов можно выполнить по рекомендациям, приведенным в статье «Дистанционное переключение ПТК» («Радио», 1970, № 8, с. 28—30). Только кнопку *Кн2* надо заменить контактами реле *Р2* приемника устройства БДУ.

В пульте управления применены конденсаторы постоянной емкости КСО-1 (могут быть КТ), подстроечные конденсаторы—КПК (3—20 пФ). Источником питания пульта служит аккумуляторная батарея 7Д-0,1, но можно использовать и батарею «Крона». Трансформатор *Тр1* автогенератора выполнен на каркасе из полистирола диаметром 8 мм. Обмотка *I* (*1—2*) катушки содержит 3500 витков, а *II* (*3—5—4*)—110 + 40 витков. Намотка — рядовая, шириной 19 мм проводом ПЭВ-2 0,12 с изоляцией между обмотками — один слой триацетатной пленки. В катушке применен подстроечный сердечник из феррита М12СК-2-Т 5,5 × 2,5 × 24.

В широкополосном усилителе и селективных каскадах применены малогабаритные конденсаторы КМ-4, КМ-5, а в контурах селективных каскадов — КТ-1 или КСО-1. Все резисторы типа МЛТ-0,125. Катушки *L1—L6* и трансформатор *Тр2* намотаны внавал на каркасах из полистирола. Диаметр каркаса равен 12,5, ширина намотки — 11 мм. Обмотка *I* трансформатора содержит 1200 витков провода ПЭЛ 0,1, а обмотка *II* — 240 витков провода ПЭЛ 0,15. Катушки *L1—L6* имеют по 1400 + 140 витков провода ПЭЛ 0,1. Каркасы трансформатора и катушек помещают в броневые сердечники из карбонильного железа СБ-23-17а. Чашки скрепляют клеем БФ-2 и им же приклеивают сердечник к плате селективных каскадов, предварительно зачистив место установки. Все реле — РЭС-9 (паспорт РС4.524.200 или РС4.524.201).

В исполнительном устройстве в качестве реле *Р7* может быть применено любое реле, работающее от сети переменного тока напряжением 127 В, например ПЭ-23. В устройстве применены электродвигатели ДМ-0,3-3А.

Пульт управления (рис. 4) собран в корпусе из полистирола размерами 118 ×72 ×36 мм. На лицевой стороне корпуса

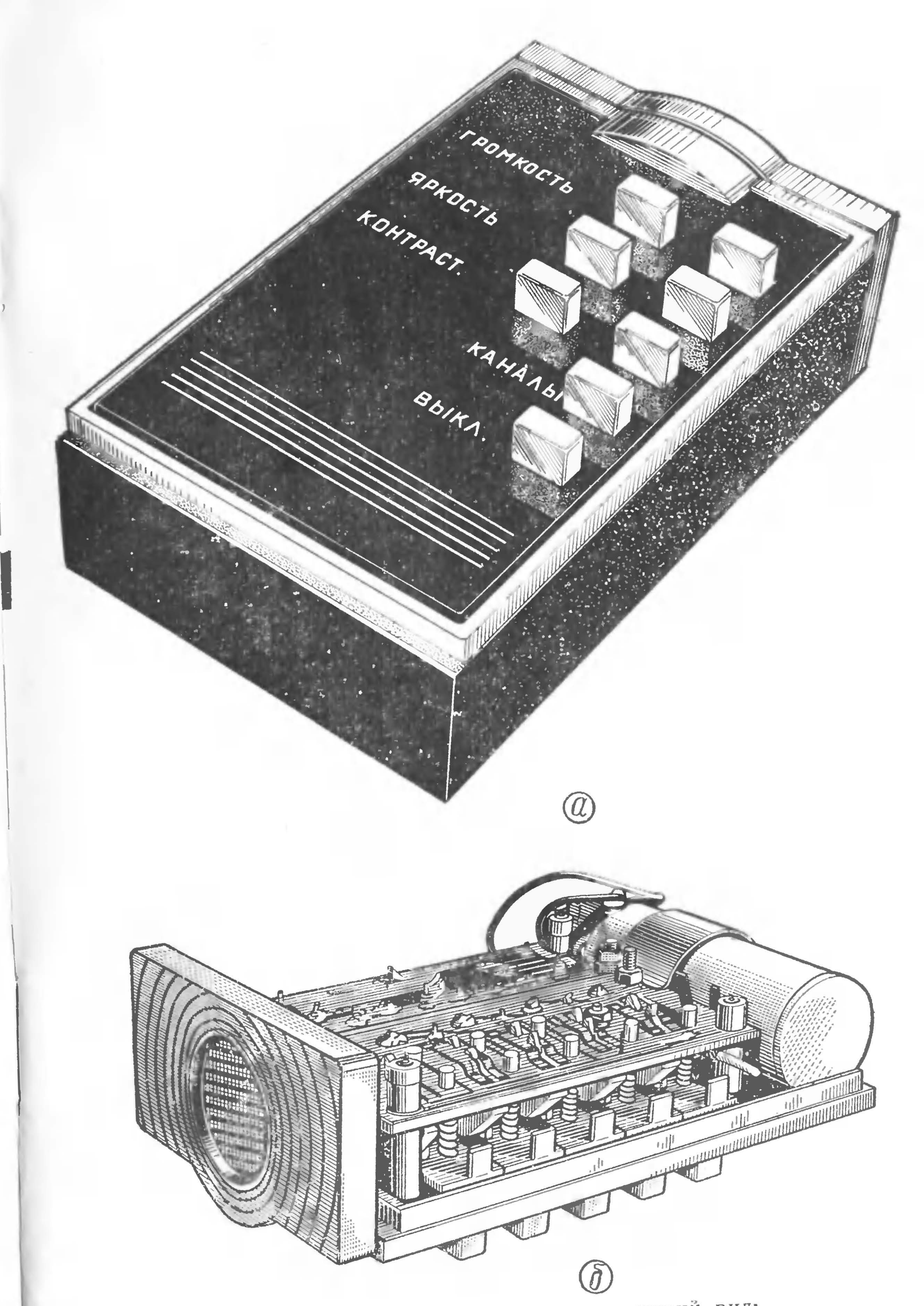


Рис. 4. Пульт управления: *а*—внешний вид; *б* — вид пульта со снятой крышкой

закреплена декоративная панель, сделанная также из полистирола. Она имеет 8 отверстий под клавиши кнопок *В1—В8* подачи команд управления. Рядом с ними имеются надписи, соответствующие подаваемым командам. Печатная плата

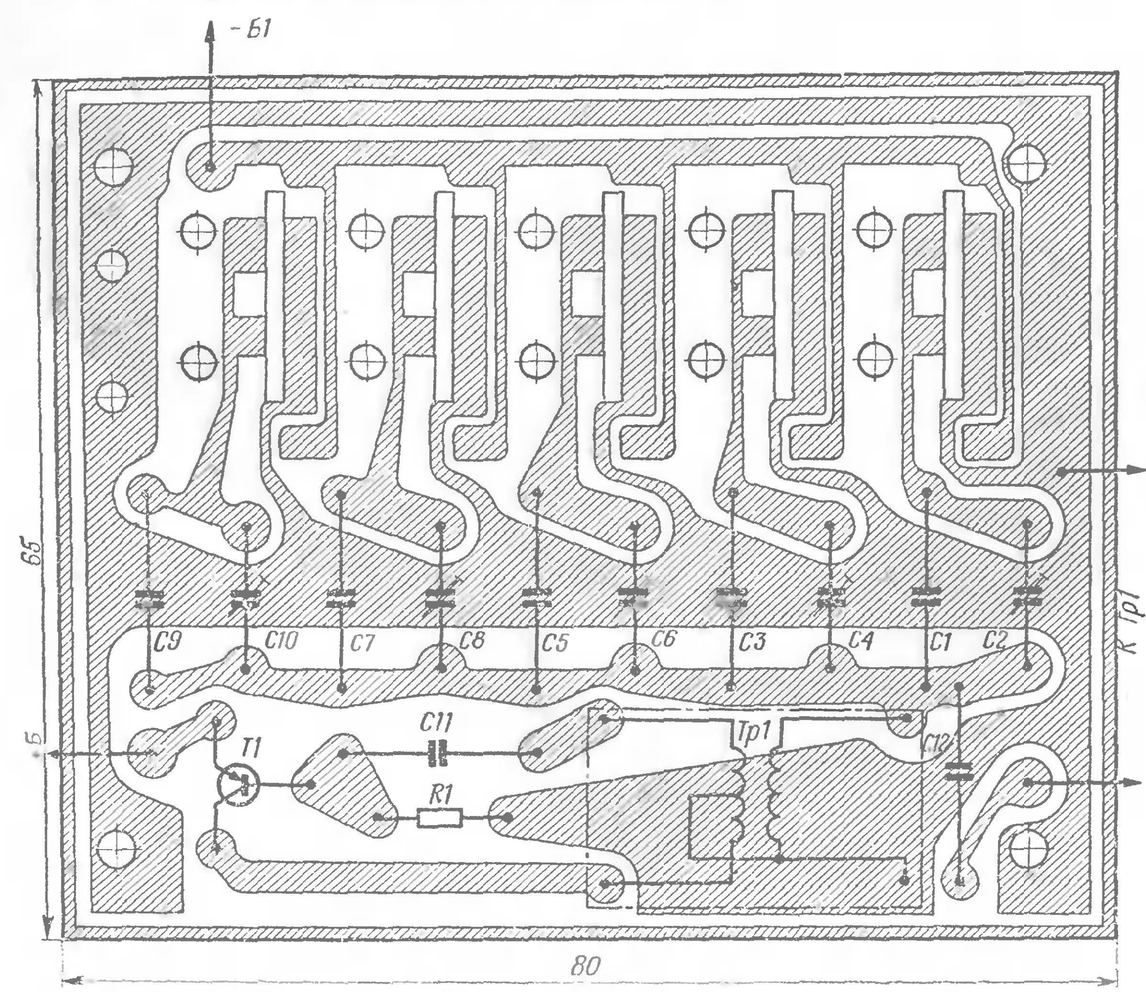


Рис. 5. Печатная плата пульта управления и схема соединения деталей на ней

(рис. 5), на которой собран генератор, выполнена из фольгированного гетинакса или стеклотекстолита. На плате (см. рис. 4, *б* и рис. 5) около отверстий, со стороны печатных проводников, имеются контактные площадки, по которым при нажатии на клавиши скользят ползунки кнопок. При нажатии на клавиши для подачи сигналов команд одиночных частот вначале подключаются соответствующие конденсаторы, а затем подается питание на автогенератор. При подаче же сигналов команд последовательности частот сначала подключается источник питания, а затем дополнительные конденсаторы.

Клавиши *1* и коромысла *3* (рис. 6) кнопок пульта

изготовлены из полистирола, а ползунки *2* — из бронзы. По чертежу на этом рисунке делают клавиши кнопок *В2*, *В4*, *В6—В8*, а клавиши кнопок *В1*, *В3*, *В5* изготовляют по этому же чертежу, но в зеркальном отображении.

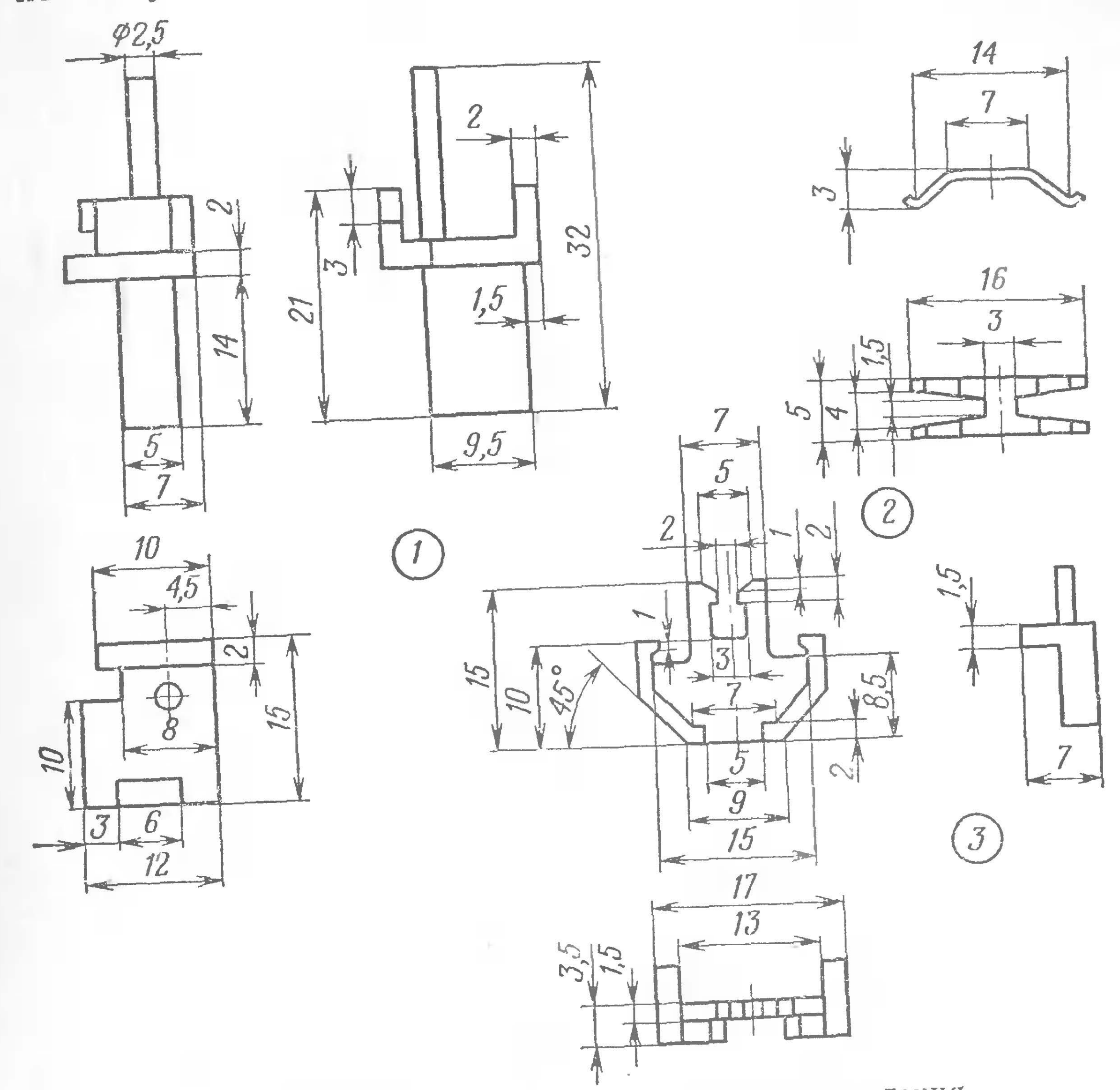


Рис. 6. Чертежи деталей кнопок пульта управления

При сборке кнопок в прорези печатной платы со стороны деталей вначале устанавливают коромысла *3*, а затем на них со стороны печатных проводников закрепляют ползунки *2*. После этого на направляющие штыри клавиш *1* надевают пружины и вставляют со стороны деталей в отверстия печатной платы. Скобой с прямоугольными отверстиями под клавиши крепят кнопки к печатной плате. Пружины опираются о печатную плату и возвращают кнопки в исходное состояние после нажатия. Аккумуляторную батарею

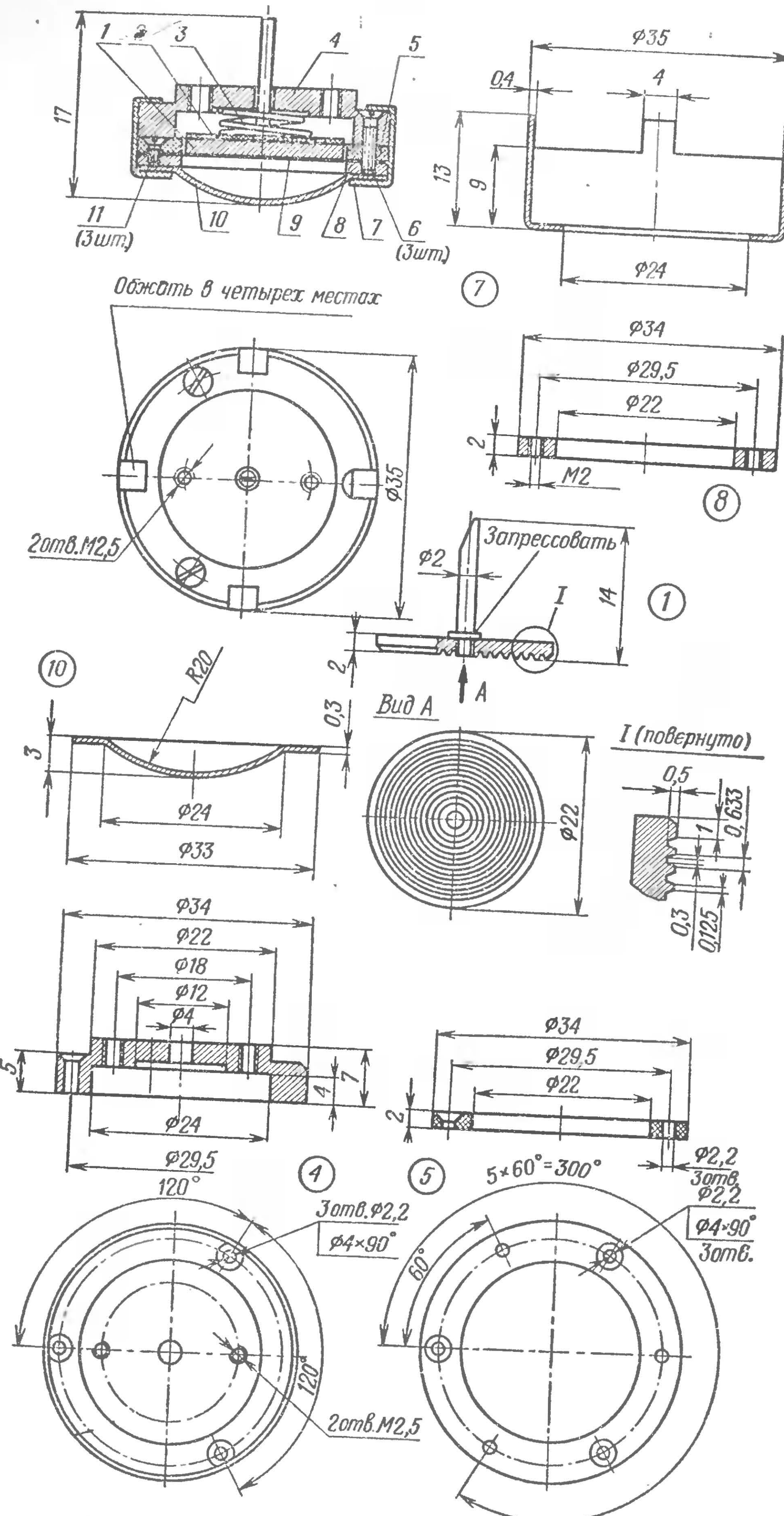


Рис. 7. Конструкция преобразователя

крепят хомутиком из берилловой бронзы к корпусу внутри пульта.

Диск *1* преобразователя (рис. 7) и основание *8* изготовляют из сплава ДТ16А-Т, а фланец *4*—из сплава Д16Т. Стакан *7* выполнен из стали 10КП лист 0,4-II-Г. Сетка *10*—№ 0315К. Прокладки *2* и *5* выполнены из гетинакса. Изготовление всех деталей, кроме диска *1*, особых трудностей не пред-

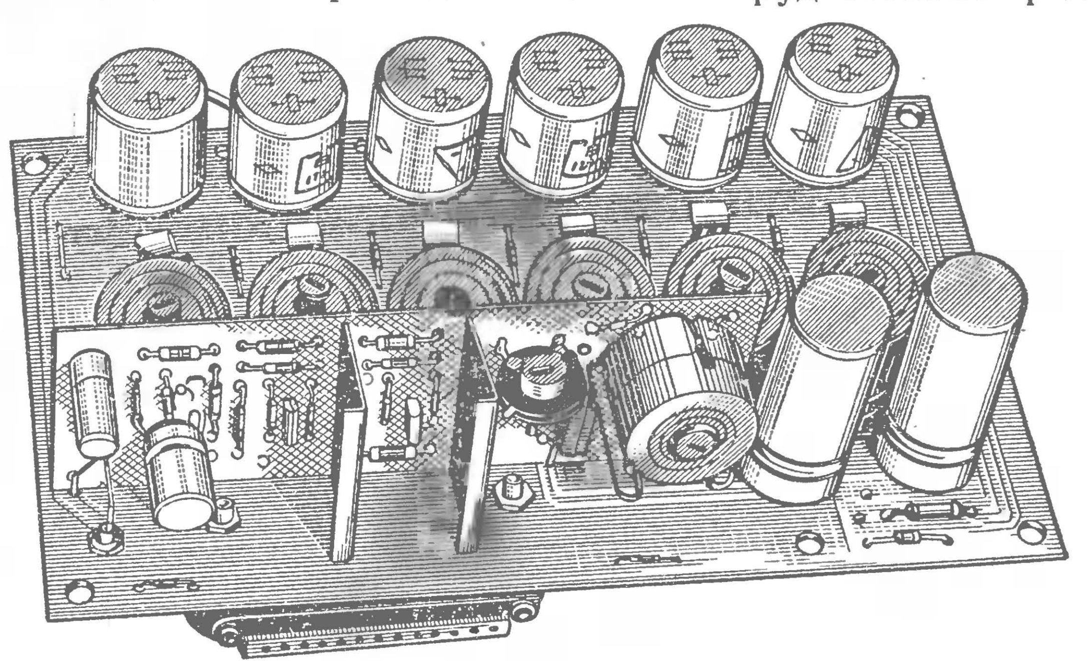
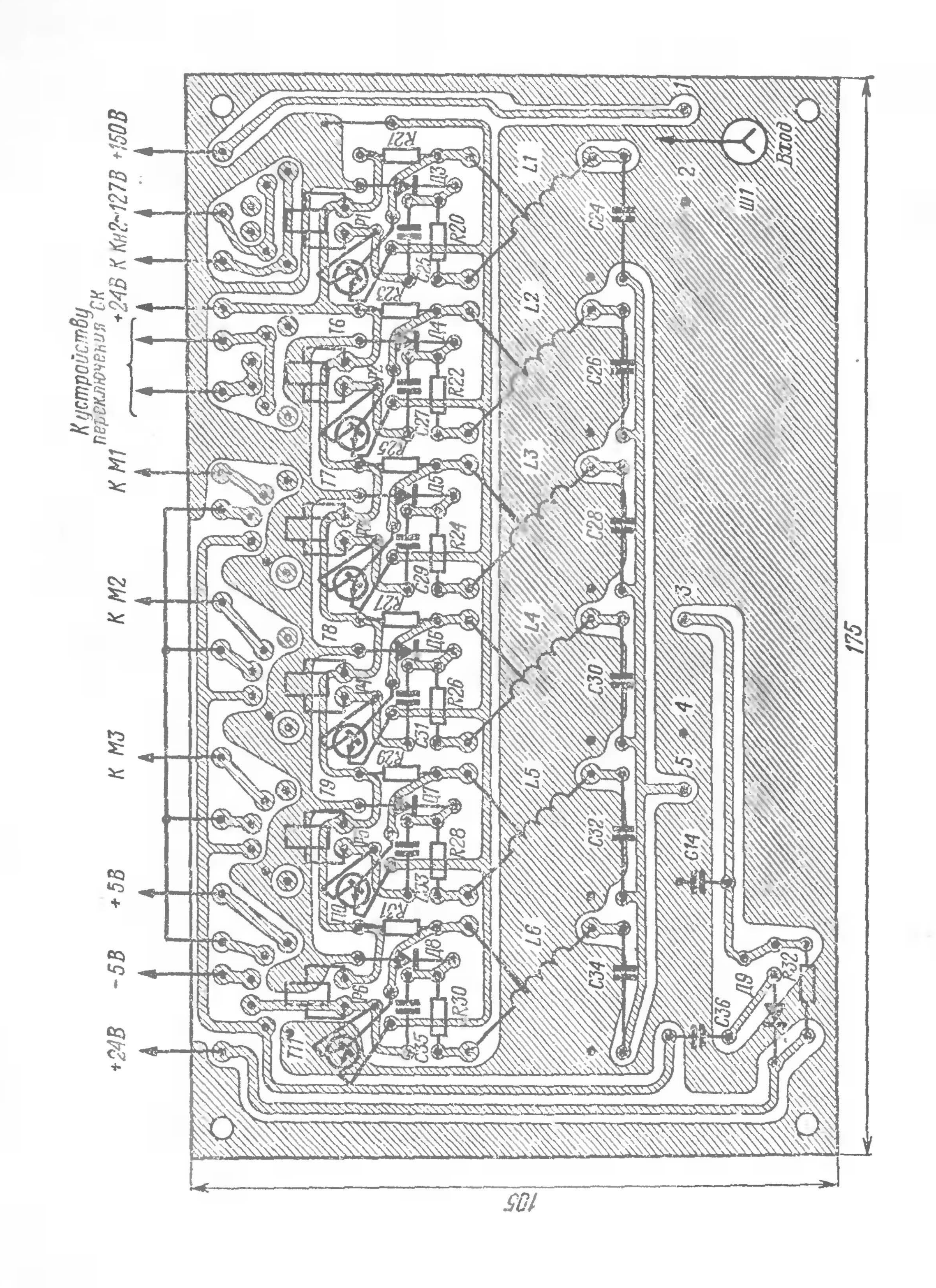


Рис. 8. Внешний вид приемника устройства БДУ

ставляет. Следует иметь в виду, что после нарезки концентрических окружностей диск необходимо слегка притереть со стороны канавок на каменной или металлической плите с применением пасты ГОИ, чтобы канавки не имели острых кромок. Затем диск нужно промыть спиртом или бензином.

При сборке преобразователя (см. рис. 7) лавсановую пленку *9* (ПЭТФ) толщиной 5—6 мкм с нанесенным на одну из ее сторон металлическим слоем около одного микрометра (такая пленка применяется в конденсаторах типа МПГО) металлизированной стороной накладывают на основание *8*, прижимают прокладкой *5* и закрепляют винтами *11* (М2). Далее на выступающий контакт диска *1* надевают прокладку *2* и пружину *3*. Все это вставляют в отверстие фланца *4* и, взявшись за контакт, подтягивают диск вовнутрь фланца, который затем опускают на прокладку *5* с пленкой *9* и закрепляют все винтами *6* (М2). После чего контакт отпускают. При этом диск натягивает пленку, поверхность ко-



торой должна быть зеркальной, без морщин. Собранный узел вставляют в стакан *7*, куда заранее закладывают защитную сетку *10*, и загибают лапки стакана. Сборка преобразователя закончена. Следует иметь в виду, что соединительный провод подпаивают к контакту диска перед сборкой, во избежание нагрева пленки.

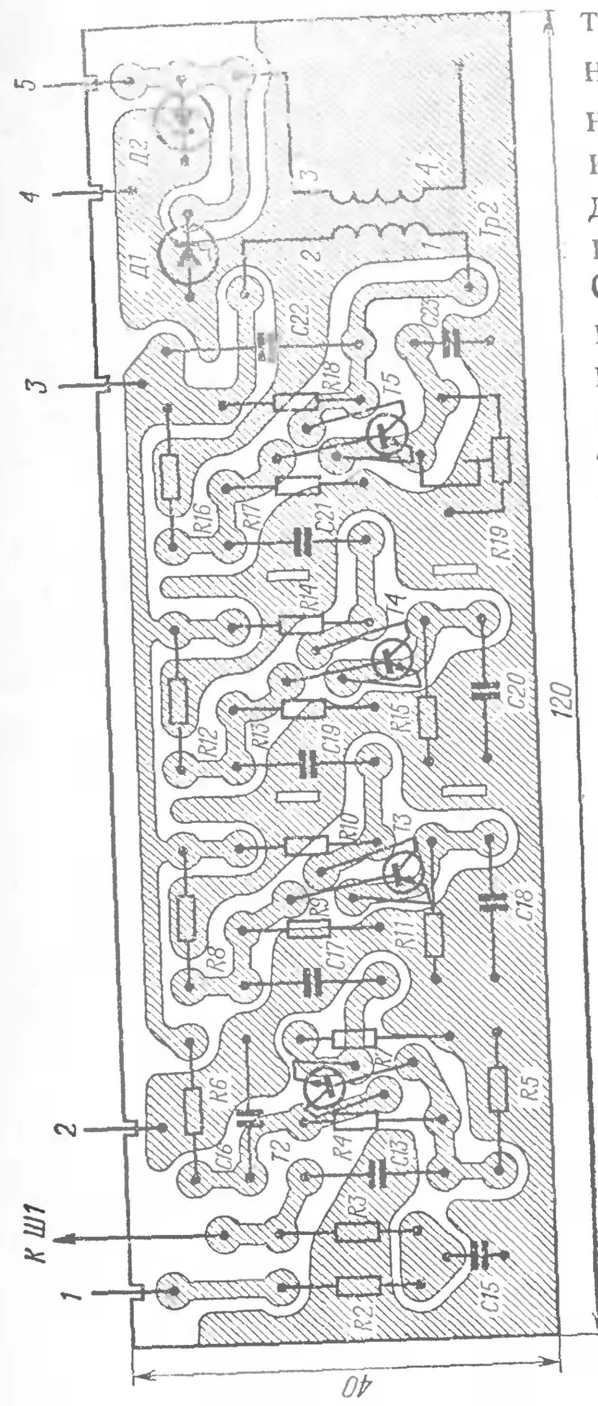


Рис. 9. Печатные платы приемника устройства БДУ и схемы соединения деталей на них

В радиолюбительских условиях параметры преобразователя замерить трудно, поэтому качество его сборки оценивают измерением начальной емкости, величина которой должна быть в пределах 160 ± 25 пФ.

Приемник устройства БДУ (рис. 8) выполнен на двух печатных платах: плате широкополосного усилителя и плате селективных каскадов. Они изготовлены из фольгированного гетинакса или стеклотекстолита.

Плата широкополосного усилителя установлена вертикально на плате селективных каскадов и соединена с ней переходными соединительными штырьками. Платы и схемы соединения деталей на них показаны на рис. 9. Чтобы избежать

самовозбуждения широкополосного усилителя, между каскадами необходимо установить металлические экраны. Для снижения влияния электромагнитного излучения строчной развертки телевизора плату широкополосного усилителя приемника следует заключить в экран, и, кроме того, при расположении приемника в телевизоре его также полностью экранируют.

Соединение микрофона *Мк1* со входом приемника осуществляется через разъем, гнездо которого установлено на плате селективных каскадов рядом со входом широкополосного усилителя, с помощью экранированного провода. Его желательно взять с наименьшей погонной емкостью, чтобы уменьшить потери принимаемого сигнала. Микрофон необходимо разместить возможно дальше от выходного трансформатора строчной развертки. На лицевой панели телевизора рядом с микрофоном располагают и приемник устройства БДУ. Между микрофоном и лицевой панелью нужно проложить кольцо из пористой резины.

Исполнительное устройство выполнено в виде отдельного блока, который крепят на лицевой панели телевизора. Он включает в себя редукторы, электродвигатели ДМ-0,3-3А и переменные резисторы регулировки громкости, яркости и насыщенности — контрастности (сдвоенный резистор).

Налаживание устройства БДУ следует производить перед окончательной сборкой на макетной плате. Проверку работоспособности автогенератора можно осуществить следующим образом. При включении питания должен прослушиваться звук высокого тона. При подсоединении головки вольтметра ВК7-9 к первичной обмотке контура автогенератора он должен показать напряжение не менее 250 В. Величина напряжения будет зависеть от качества собранного ультразвукового преобразователя. Если при нажатии любой из кнопок пульта управления напряжение будет меньше, то необходимо поменять местами выводы *3* и *4* обмотки *II* катушки автогенератора. Если и в этом случае не будет необходимой амплитуды выходного сигнала автогенератора, то следует отпаять выводы преобразователя и подключить конденсатор КСО-1 или КСО-2 емкостью, равной емкости преобразователя. При наличии на контуре напряжения не ниже 250 В необходимо подобрать разделительный конденсатор *С12* такой емкости, чтобы напряжение на ультразвуковом

преобразователе было равно 180—200 В. Ток питания автогенератора при этом не должен превышать 20 мА, иначе уменьшится время работы источника питания. При токе больше 40 мА может выйти из строя транзистор. Если же ток, потребляемый автогенератором от источника питания, все же выше 40 мА, то необходимо поменять местами выводы катушки *3* и *4* и, подбирая резистор *R1*, установить ток питания не более 20—30 мА.

Более сложной в радиолюбительских условиях является настройка автогенератора на заданные частоты при собранном пульте. Это связано с тем, что необходимо иметь прибор для измерения частоты с точностью до сотни герц. Если у радиолюбителя не окажется такого прибора, то можно настраивать автогенератор по фигурам Лиссажу, имея для этого генератор с необходимым диапазоном частот и осциллограф.

Для подстройки частоты автогенератора сначала к выводам преобразователя через разделительный конденсатор 10—12 пФ подключают частотомер (в случае настройки по фигурам Лиссажу—осциллограф). Затем нажимают на любую кнопку команд «меньше» на пульте управления до появления сигнала и, вдвигая или выдвигая сердечник катушки автогенератора, добиваются частоты сигнала 22,5 кГц. Дожимая кнопку, добиваются подстроечным конденсатором настройки на необходимую частоту: при команде «*Громк. М*» — 19,0 кГц, «*Ярк. М*» — 21,5 кГц и «*Насыщ. М*» — 17,75 кГц. При выполнении команд «больше» эти частоты не должны изменяться. При подаче команды «*Каналы*» автогенератор настраивают на частоту 20,25 кГц, а команды «*Выкл.*» — на частоту 16,5 кГц. В том случае, когда нельзя установить требуемую частоту генерации подстроечным конденсатором, необходимо изменить емкость соответствующего постоянного конденсатора и повторить настройку автогенератора на эту частоту.

Налаживание приемника следует начинать с проверки режимов транзисторов широкополосного усилителя и селективных каскадов по постоянному току. Затем ко входу широкополосного усилителя подключают генератор синусоидальных сигналов Г3-7А и устанавливают на его выходе уровень сигнала около 30 мкВ. При правильной работе широкополосного усилителя в контрольной точке *КТ1* должно быть эффективное напряжение 0,3—0,4 В. Чувствительность широкополосного усилителя регулируют резистором *R19*.

При налаживании избирательных каскадов с генератора на их входы (на рис. 3—точка *5*) подают сигнал напряжением 0,3—0,4 В необходимой частоты и, вращая сердечник, подстраивают соответствующий контур в резонанс. При этом должно сработать реле налаживаемого избирательного каскада. Если контур не удается настроить в резонанс, то следует подобрать конденсатор контура и проверить правильность распайки выводов катушки. Для визуального определения настройки контуров на заданные частоты можно последовательно с исполнительными контактами реле включить лампы накаливания (например, на 6,3 В), которые будут загораться при срабатывании реле.

Приемник и исполнительное устройство можно питать как от источника питания телевизора, так и от дополнительного трансформатора, необходимого для работы электродвигателя РД-0,9, который осуществляет переключение барабана селектора каналов («Радио», 1970, № 8). На трансформатор следует домотать две обмотки: одну—для питания электродвигателей *М1*, *М2* и *М3* (см. рис. 3), другую—для питания приемника БДУ. Напряжение подпитки конденсаторного микрофона +150 В подают от источника питания телевизионного приемника.

Налаживание всей системы БДУ заключается в подстройке избирательных каскадов на частоты сигналов команд, подаваемых с пульта управления.

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

СВЕТОВОЕ ТАБЛО ДЛЯ ИНДИКАЦИИ ВРЕМЕНИ И ТЕМПЕРАТУРЫ

Г. ЯКИМЕНКО

Световое табло осуществляет цифровую индикацию времени в виде часов и минут с точностью ±1 минута в неделю, а также цифровую индикацию температуры в диапазоне от —35 до +35°С с точностью ±1°С.

Датчиком времени служит ступенчатый импульсный прерыватель промышленного изготовления СИП-01, работающий от сети переменного напряжения и представляющий собой электромеханическое реле времени со ступенчатой настройкой продолжительности вырабатываемых им импульсов и периода их следования. Датчиком температуры является катушка с медным проводом. Он работает совместно с автоматическим электронным мостом ЭМИ-120, который изготавливается промышленностью. Табло состоит из блока световой индикации и блока управления. Размеры блока световой индикации — 950 × × 180 × 160 мм, а блока управления — 1500 × 600 × × 500 мм. Индикация осуществляется с помощью 45 элементных ламповых матриц. Размеры цифр 130 × 70 мм. Потребляемая табло мощность — около 300 Вт.

Как видно из структурной схемы, приведенной на рис. 1, табло состоит из двух различных систем: для индикации времени и температуры.

В системе индикации времени датчик времени *1* формирует импульсы с периодом повторения 1 мин. Эти импульсы поступают на вход пересчетной декады единиц минут *5*. Нагрузкой декады служит дешифратор *9* с ламповой матрицей *13*, которая высвечивает единицы минут. При поступлении каждого десятого импульса пересчетная декада возвращает в исходное состояние (загорается «*0*») дешифратор и ламповую матрицу. Причем вырабатываются импульсы, которые подаются на следующее пересчетное устройство

десятков минут *4*, нагрузкой которого служит дешифратор *8* и ламповая матрица *12*. Это устройство после прихода каждого шестого импульса из пересчетной декады единиц минут возвращается в исходное состояние и создает импульсы с периодом повторения 60 мин. Эти импульсы считаются декадой единиц часов *3* и через каждый десятый импульс — устройством десятков часов. Соответствующая индикация часов происходит через дешифраторы *6* и *7*

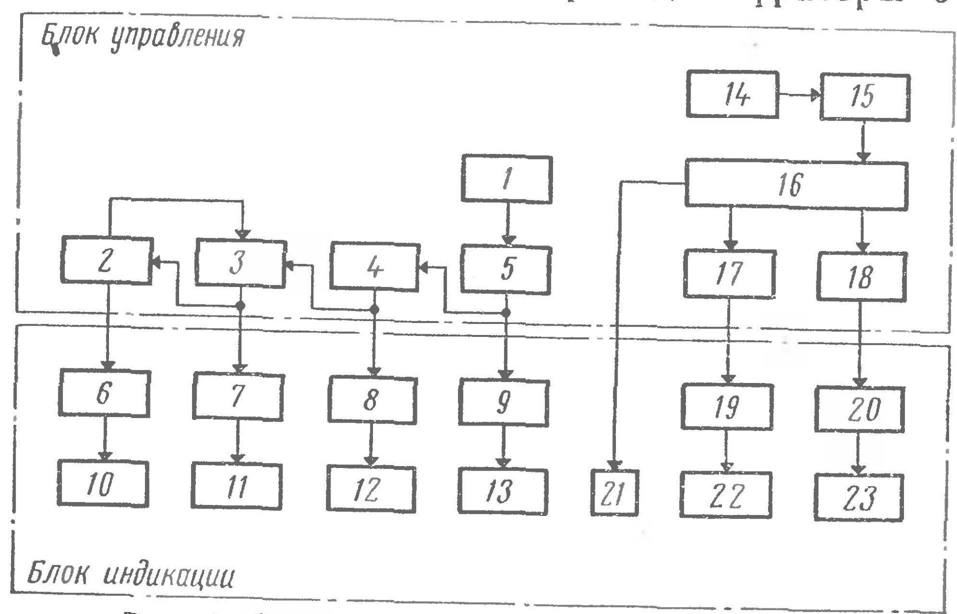


Рис. 1. Структурная схема светового табло

ламповыми матрицами *10* и *11*. При наступлении же 24 часов вся система возращается в исходное состояние.

В системе индикации температуры датчик температуры *14* включен в одно из плеч электронного самобалансирующегося моста *15*. Балансировка моста осуществляется реохордом, щетка которого приводится в движение реверсивным двигателем с редуктором. Положение щетки реохорда зависит от сопротивления датчика. На одной оси со щеткой реохорда помещается щетка контактной системы *16* табло. Следовательно, при изменении температуры изменяется сопротивление датчика, что приводит к изменению положения щетки на контактном поле.

При изменении температуры на 1°С щетка передвигается на один контакт. Контактная система управляет работой коммутаторов десятков *17* и единиц *18* градусов. Через соответствующие им дешифраторы *19*, *20* и ламповые матрицы *22*, *23* происходит индикация температуры. Высвечивание знака температуры осуществляется ламповой матрицей *21*.

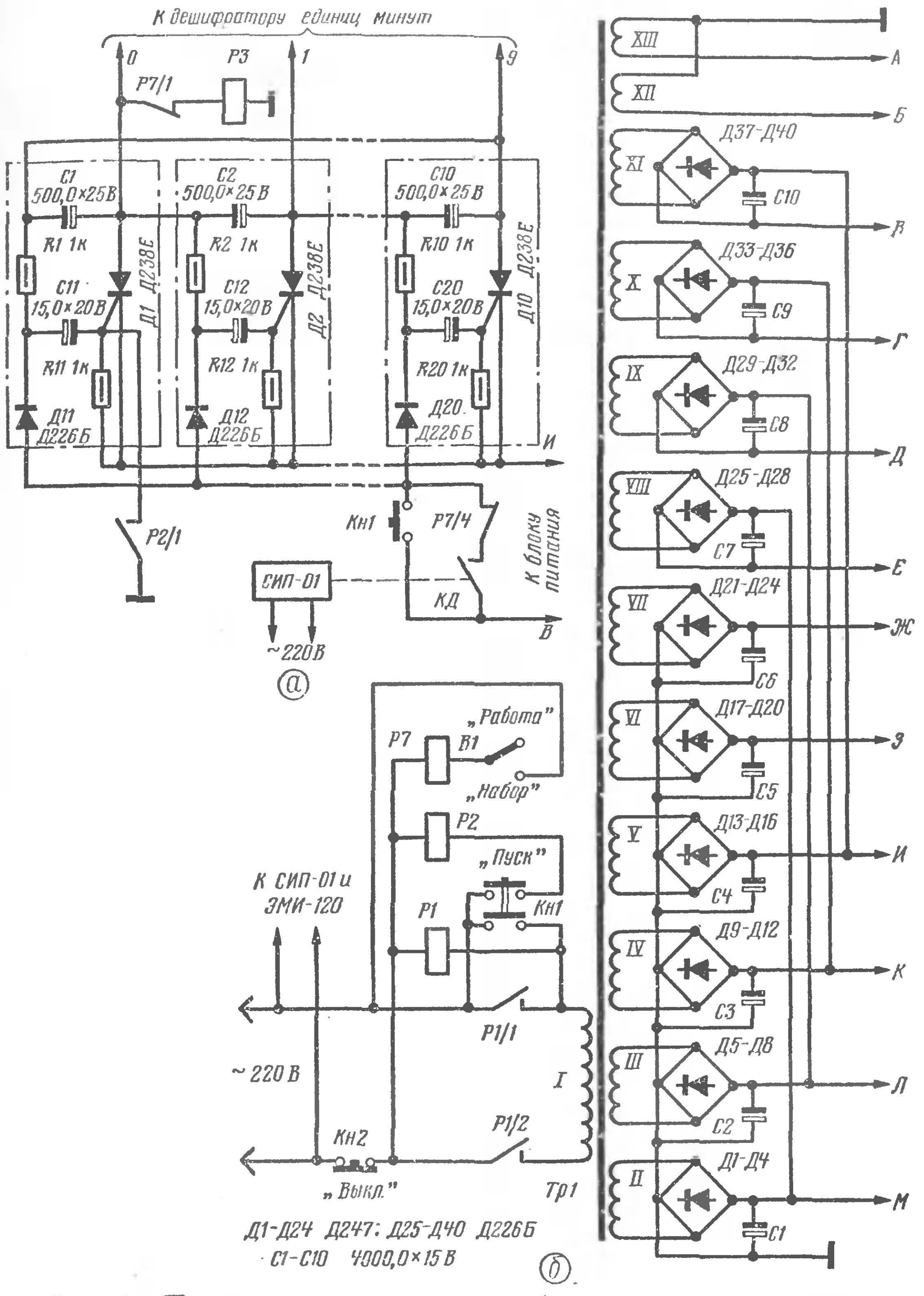


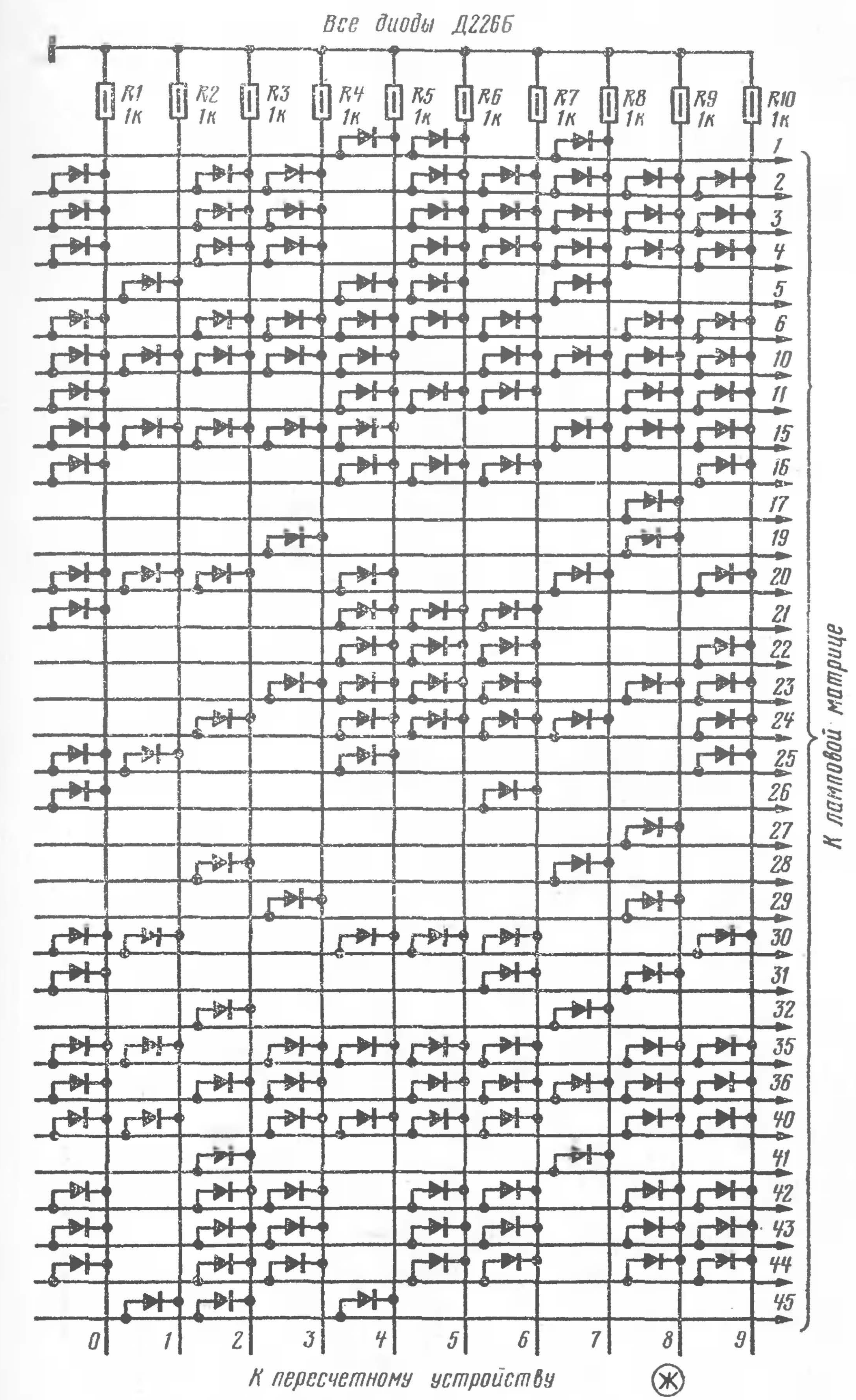
Рис. 2. Принципиальная схема табло: *а* — принципиальная схема декады единиц минут; *б* — принципиальная схема блока питания светового табло, *в* — принципиальная схема контактного устройства и электронных переключателей системы индикации температуры, *г* — принципиальная схема пересчетного устройства десятков минут, *д* — принципиальная схема пересчетного устройства десятков часов

К дешифратору десятков °С
К блоку питания
К дешифратору единиц °С
C1 C2 C3
500,0×
×25 В
Д1 Д2 Д3
Д238Е
Д4 Д238Е
Ж 3
Д5 Д238Е
C4 C5 C6 C7 C8 C9 C10 C11 C12
Д6 Д7 Д8 Д9 Д10 Д11 Д12 Д13 Д14
КП1
0 1 5 10 15 20 25 30 35
R2 24
R3 24
КП2
„+" „−"
КП3
Р8
ЗМИ-120
R1 53
P2/5
~220 В
К блоку питания
в

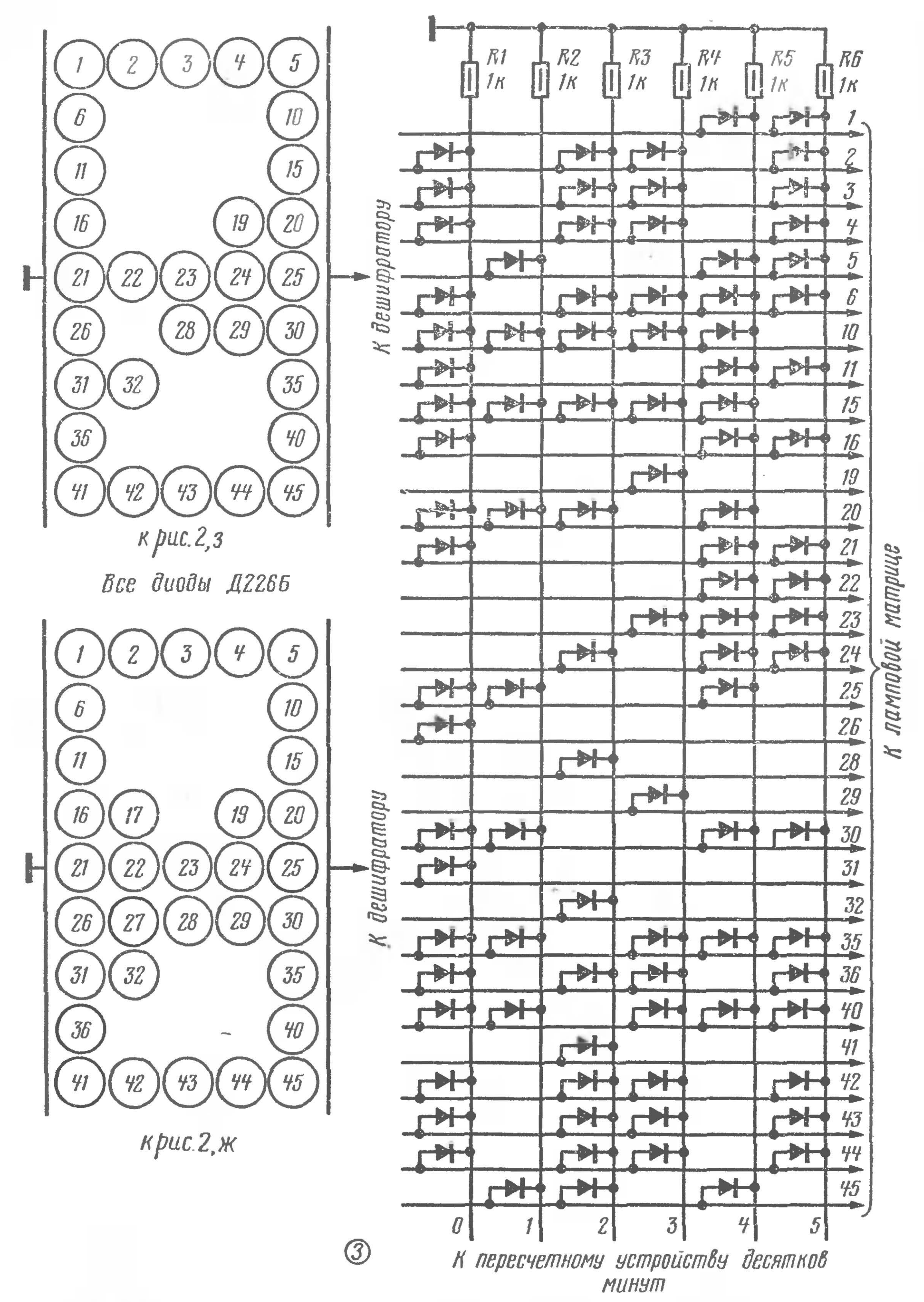
К дешифратору десятков минут
C1 500,0×25В
R1 1к
C7 15,0×20В
R7 1к
Д7 Д226Б
Д1 Д238Е
P2/2
P7/2
P4
C2 500,0×25В
R2 1к
C8 15,0×20В
R8 1к
Д8 Д226Б
Д2 Д238Е
C6 500,0×25В
R6 1к
C12 15,0×20В
R12 1к
Д12 Д226Б
Д6 Д238Е
P3/1
КН1
К блоку питания
Г К
0 1 5
г

К дешифратору десятков часов
C1 500,0×25В
R1 1к
C4 15,0×20В
R4 1к
Д4 Д226Б
Д1 Д238Е
P2/4
C2 500,0×25В
R2 1к
C5 15,0×20В
R5 1к
Д5 Д226Б
Д2 Д238Е
C3 500,0×25В
R3 1к
C6 15,0×20В
R6 1к
Д6 Д226Б
Д3 Д238Е
P6/1
КН1
P5
К блоку питания
Е М
0 1 2
д

е—принципиальная схема декады единиц часов



ж —принципиальная схема ламповой матрицы (с. 26) и дешифратора индикации единиц минут, часов и градусов



з—принципиальная схема ламповой матрицы и дешифратора индикации десятков минут

Все диоды Д226Б

К дешифратору

R1 1к

R2 1к

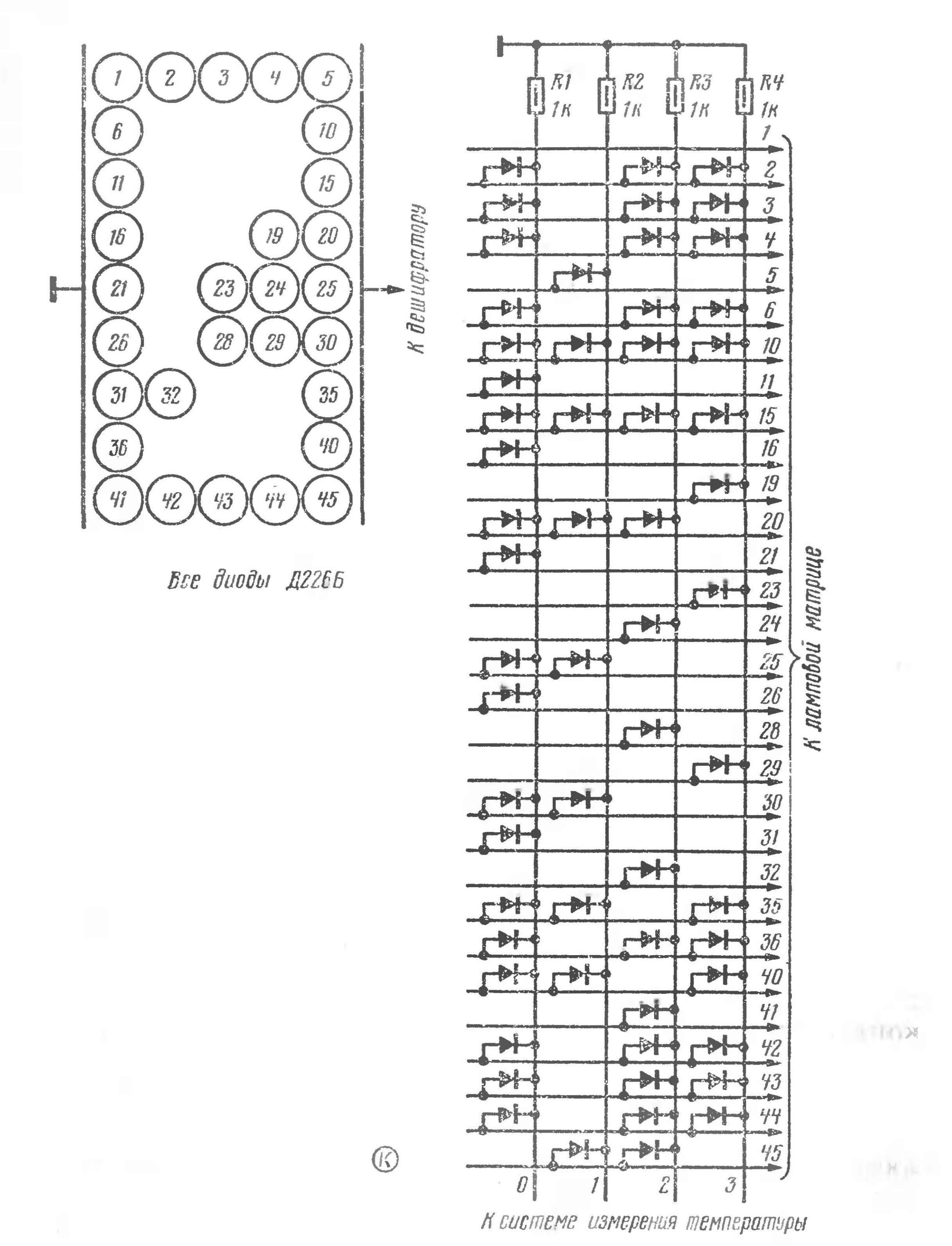
R3 1к

К ламповой матрице

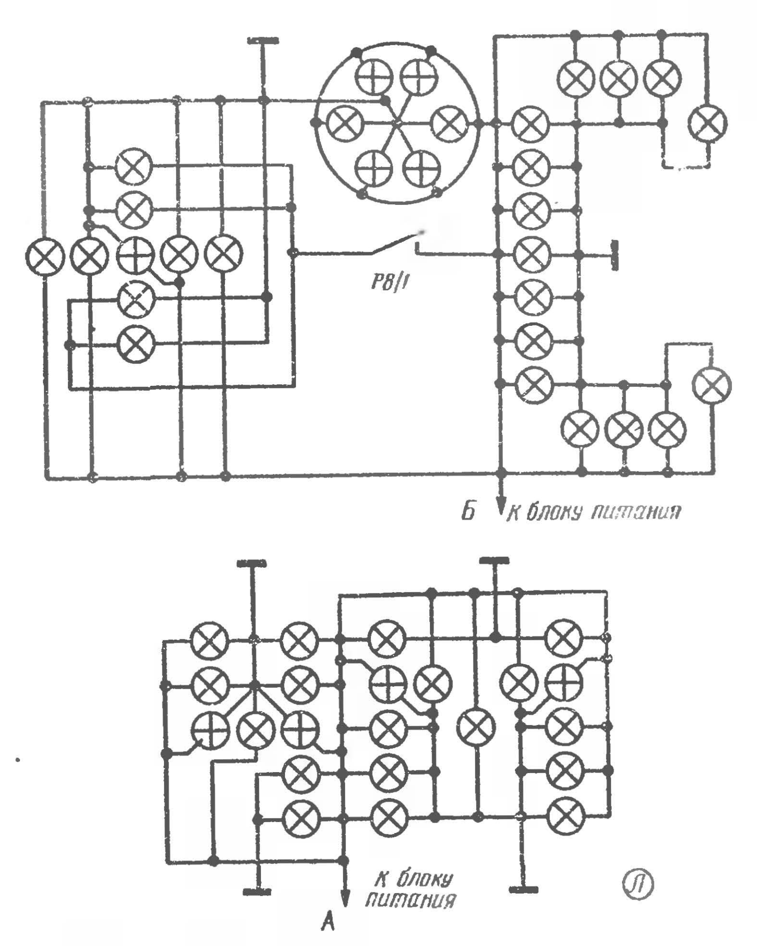
К пересчетному устройству десятков часов

(и)

и—принципиальная схема ламповой матрицы и дешифратора индикации десятков часов



к—принципиальная схема ламповой матрицы и дешифратора индикации десятков градусов



л—принципиальная схема соединения ламп в матрицах вспомогательных знаков

При подключении табло к сети (рис. 2, *б*) напряжение питания поступает на датчик времени СИП-01 (рис. 2, *а*) и автоматический электронный мост ЭМИ-120 с подключенным к нему датчиком температуры (рис. 2, *в*). Оба датчика начинают работать. Каждую минуту контакты датчика времени *КД* замыкаются на время около 2—3 с.

Включение табло осуществляется кнопкой *Кн1* «*Пуск*», а выключение кнопкой *Кн2* «*Выкл.*». При нажатии на кнопку «*Пуск*» напряжение питающей сети поступает на реле *Р1* и *Р2*, и оба они срабатывают. Реле *Р1* самоблокируется контактами *Р1/1*, а через контакты *Р1/1* и *Р1/2* напряжение сети подается на трансформатор *Тр1* блока питания.

Напряжения, снимаемые со вторичных обмоток *II—XI* трансформатора, выпрямляются мостиковыми выпрямителями, собранными на диодах *Д1—Д40*. Шесть из них (выходы *Ж—М*) предназначены для питания ламповых матриц. При потребляемом токе около 5 А напряжение на них около 6 В. Четыре остальных выпрямителя (выходы *В—Е*)

предназначены для управления пересчетными устройствами. Напряжение на их выходах около 5 В. Напряжение 4 В при токе до 5 А на обмотках *XII* и *XIII* используется для питания ламповых матриц вспомогательных знаков (см. рис. 2, *л*): «*ч*», «*м*», «*°С*», «+» и «—». При срабатывании реле *Р2* через контакты *Р2/1—Р2/4* (см. рис. 2, *а*, *г—е*) положительное напряжение поступает на управляющие электроды тиристоров *Д1* пересчетных устройств системы индикации времени. При этом тиристоры открываются, и на табло зажигается надпись «*00 ч 00 м*». Контакты *Р2/5* (см. рис. 2, *в*) приводят в действие систему измерения температуры, и на табло появляется цифровое значение температуры.

После отпускания кнопки «*Пуск*» контакты *Р2/1—Р2/5* разомкнутся, и система индикации времени начнет отсчитывать время с 00 ч 00 мин. При замыкании контактов *КД* датчика времени (см. рис. 2, *а*) напряжение поступает на вход пересчетной декады единиц минут. Поскольку тиристор *Д1* был открыт, то при поступлении импульса напряжения открывается тиристор *Д2*. Это происходит потому что через диод *Д12* импульс напряжения пройдет на управляющий электрод тиристора *Д2*. В других тиристорных ячейках к диодам *Д11*, *Д13—Д20* приложено закрывающее напряжение через резисторы *R1*, *R3—R10*, которые не пропускают поступивший на входы импульс. В свою очередь, напряжение конденсатора *С2* через открывшийся тиристор *Д2* будет подано на тиристор *Д1* в полярности, при которой он закроется. Этот конденсатор и аналогичные ему называют коммутирующими.

Выходы пересчетной декады соединены через дешифратор с ламповой матрицей (рис. 2, *ж*). Следовательно, если открывается тиристор *Д2*, то в ламповой матрице вместо «*0*» загорается «*1*». Поскольку импульсы поступают через 1 мин, то через каждую минуту изменяется и цифра в ламповой матрице, то есть получается цифровая индикация единиц минут. При приходе каждого десятого импульса пересчетная декада единиц минут возвращается в исходное состояние (снова загорается «*0*»), причем срабатывает реле *Р3*, подключенное к выходу «*0*». Через замкнувшиеся контакты *Р3/1* напряжение от источника питания поступает на вход пересчетного устройства десятков минут (см. рис. 2, *г*). Оно работает аналогично пересчетной декаде единиц минут, только содержит не десять, а шесть

тиристорных ячеек, также нагруженных через дешифратор на ламповую матрицу (рис. 2, *з*). Это пересчетное устройство возвращается в исходное состояние через каждые 60 мин. При этом срабатывает реле *Р4* и своими контактами *Р4/1* подает напряжение от источника питания на вход пересчетной декады единиц часов (см. рис. 2, *е*).

Пересчетная декада единиц часов работает аналогично описанным пересчетным устройствам, когда в ламповой матрице десятков часов горит «*0*» или «*1*». При появлении же в матрице десятков часов цифры «*2*» пересчетная декада единиц часов должна возвратиться в исходное состояние не после десяти импульсов, а после четырех. Для выполнения этой операции в пересчетном устройстве десятков часов введено реле *Р5* (см. рис. 2, *д*). Его контакты *Р5/1* и *Р5/2* при загорании цифры «*2*» в матрице десятков часов изменяют состояние пересчетной декады единиц часов так, что полный цикл ее работы осуществляется при четырех импульсах на входе.

Индикация единиц и десятков часов осуществляется через соответствующие дешифраторы ламповыми матрицами единиц и десятков часов (см. рис. 2, *ж* и *и*).

Работа системы индикации времени может начинаться с любого момента. Для этого до пуска пересчетных устройств набирают время, которое есть в данный момент, кнопками *Кн1* (см. рис. 2, *а*, *г—е*). Чтобы на набор не влияли реле *Р3*, *Р4*, *Р6* и датчик, устанавливают тумблер *В1* в положение «*Набор*». При этом напряжение питающей сети поступает на реле *Р7*, и оно своими контактами *Р7/1—Р7/3* разрывает цепи питания реле. Кроме того, контакты *Р7/4* разрывают цепь подачи импульсов от датчика времени.

Набор нужной цифры ламповой матрицы осуществляется нажатием необходимого числа раз на соответствующую кнопку.

После набора времени на табло тумблер переключают в положение «*Работа*». При этом выключается реле *Р7*, и импульсы датчика времени начинают поступать на вход пересчетной декады единиц минут. При наборе времени следует помнить, что если в какой-то из ламповых матриц (кроме десятков часов) после набора горит «*0*», то после переключения тумблера в положение «*Работа*» одно из реле *Р3*, *Р4* или *Р6* сработает и передаст импульс в следующее пересчетное устройство, то есть в следующей матрице будет гореть цифра, на единицу больше требуемой. В связи с этим

при наборе цифр на табло в матрицах, расположенных перед матрицами, в которых набраны нули, следует набирать цифру на единицу меньше.

Электронный автоматический мост ЭМИ-120 для измерения температуры (рис. 3) представляет собой уравновешенный мост, состоящий из резисторов $R_а$, $R_б$, $R_в$, реохорда $R_р$ с ползунком *К* и датчика *R1* (см. рис. 2, *в*). В одну из диагоналей моста подается напряжение питания, другая диагональ подключена ко входу электронного усилителя, напряжение с которого поступает на электродвигатель *М1*. Двигатель через редуктор связан с ползунком *К* реохорда и стрелкой. В описываемой конструкции стрелка заменена щеткой контактной системы. При изменении температуры изменяется сопротивление датчика, что приводит к разбалансу моста. Напряжение разбаланса через усилитель и электродвигатель вызывает перемещение ползунка реохорда в положение, обеспечивающее балансировку моста. Таким образом, положение ползунка и связанной с ним щетки контактной системы определяется измеряемой температурой. Следовательно, после 1—2-минутного прогрева после включения табло, щетка контактной системы (см. рис. 2, *в*) займет положение на контактном поле, соответствующее температуре среды.

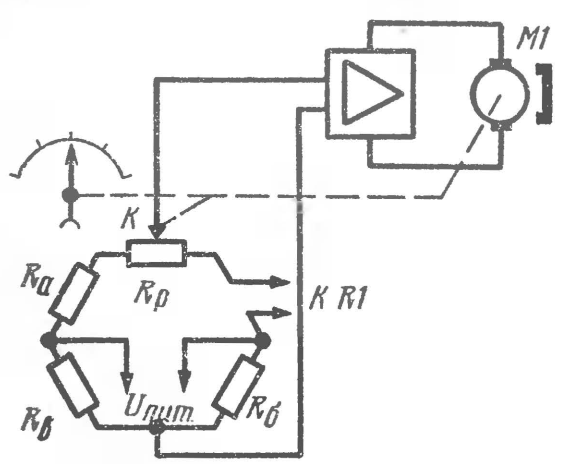


Рис. 3. Упрощенная функциональная схема электронного автоматического моста для измерения температуры

Индикация температуры осуществляется аналогично индикации времени. Отличие состоит лишь в том, что в системе измерения температуры коммутаторы представляют собой электронные переключатели на тиристорах (см. рис. 2, *в*), а не пересчетные устройства. Один электронный переключатель управляет через дешифратор ламповой матрицей единиц градусов (см. рис. 2, *ж*), а другой — матрицей десятков градусов (рис. 2, *к*).

Контактная система, к которой подключены электронные переключатели, состоит из трех контактных полей (рис. 2, *л*). Первое поле (верхнее по схеме) предназначено для управления тиристорами *Д5—Д14* коммутатора единиц градусов. Поле содержит 71 контакт. Расположены они таким образом, что переход щетки с одного контакта на другой происходит при изменении температуры на 1°С. Второе поле имеет семь контактов и управляет тиристорами *Д1—Д4* коммутатора десятков градусов. Третье поле состоит из двух контактов, управляющих работой ламповой матрицы знаков «+» и «—». Щетки контактных полей соединены с общим проводом.

После включения и прогрева щетки контактной системы остановятся на контактах соответствующих измеряемой температуре. При положении щеток, показанном на схеме, через щетку первого поля положительное напряжение поступит на управляющий электрод тиристора *Д12* и откроет его. На ламповой матрице единиц градусов зажжется цифра «*2*». Через щетку второго поля положительное напряжение будет подано на тиристор *Д3*, который откроется, и на ламповой матрице десятков градусов зажжется цифра «*1*». Кроме того, через щетку третьего поля напряжение питания поступает на реле *Р8*, которое своими контактами *Р8/1* подает напряжение на лампы вертикальной черты знака температуры, и будет гореть знак «+». Аналогичным образом работает вся система при другом положении контактных щеток. Причем цифры и знаки на ламповых матрицах будут гореть до тех пор, пока щетки не коснутся других контактов. Если щетки находятся между контактами, горевшая цифра будет продолжать светиться.

При включении табло может оказаться, что одна из щеток первого или второго поля находится между контактами. В этом случае ни один из тиристоров не будет включен, и табло не работает. Поэтому предусмотрено то, что при нажатии на кнопку «*Пуск*» срабатывает реле *Р2*, которое своими контактами *Р2/5* замкнет накоротко датчик температуры. При этом измерительный мост разбалансируется и щетки начнут перемещаться по контактным полям. Как только они попадут на ближайшие контакты, загорятся цифры, указывающие температуру. При отпускании кнопки «*Пуск*» контакты *Р2/5* разомкнутся, щетки контактной системы вернутся в первоначальное положение, и, хотя одна из них будет между контактами, на табло будет индицироваться существующая в данный момент температура с точностью до 1°С.

Конструкция и детали. Внешний вид блока световой индикации показан на рис. 4. Как уже отмечалось, датчиком времени является импульсный прерыватель СИП-01. Длительность импульсов может быть любой, но меньше 1 мин. В данной конструкции она равна 2—3 с.

Датчиком времени может быть реле РЭС-10 (паспорт РС4.524.300), подключенное к проводам, по которым от АТС поступает питание к электромеханическим часам.

Датчиком температуры служит катушка, сопротивление которой при температуре 0°С составляет 53 Ом. Такой датчик легко изготовить, намотав на любой каркас (например, на стержень длиной 10 и диаметром 1 см) в один слой 25 м провода ПЭЛ или ПЭВ диаметром 0,1 мм. После этого подбирают сопротивление датчика, используя магазин сопротивлений и измерительный мост. Поскольку при 0°С подбирать сопротивление неудобно, это делают при комнатной температуре. В этом случае измеряют термометром температуру воздуха в комнате, а затем по графику, изображенному на рис. 5, определяют соответствующее сопротивление датчика. Полученное значение набирают на магазине сопротивлений, который подключают к измерительному мосту ЭМИ-120 и отмечают на нем положение стрелки-указателя. Отключив магазин сопротивлений, подключают к мосту датчик и, отматывая провод, добиваются, чтобы стрелка опять остановилась против сделанной отметки.

После регулировки датчик помещают во влагозащитную коробку и устанавливают на кронштейне длиной 1—1,5 м так, чтобы на него не попадали солнечные лучи и дождь.

Электронный автоматический мост ЭМИ-120 подвергают переделке, так как при равновесии моста стрелка его находится в начале шкалы. Для измерения как положительных, так и отрицательных температур нужно добиться, чтобы при подключении резистора сопротивлением 53 Ом стрелка моста останавливалась посередине шкалы. Между величиной сопротивления резистора и углом поворота стрелки должна быть линейная зависимость. Бывшее начало шкалы должно соответствовать сопротивлению около 45 Ом, а конец шкалы — сопротивлению 61 Ом (см. график на рис. 5). Для этого подбирают резисторы, образующие плечи моста (см. техническое описание электронного моста).

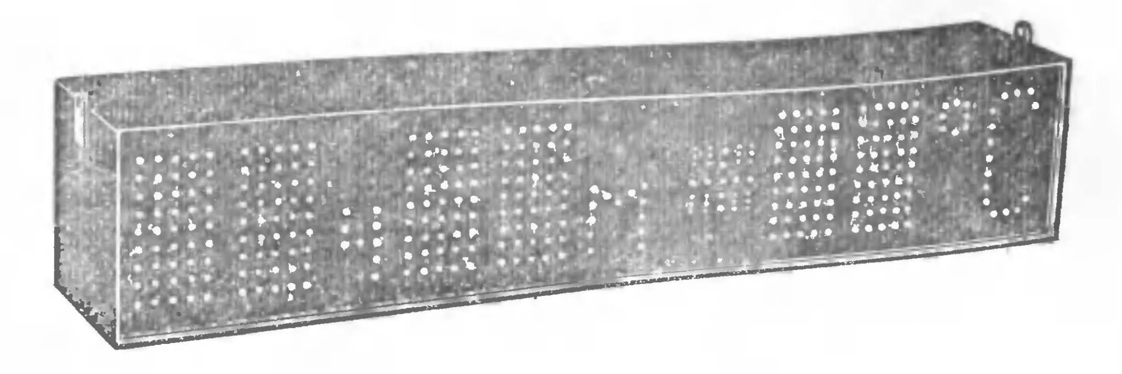


Рис. 4. Внешний вид блока световой индикации

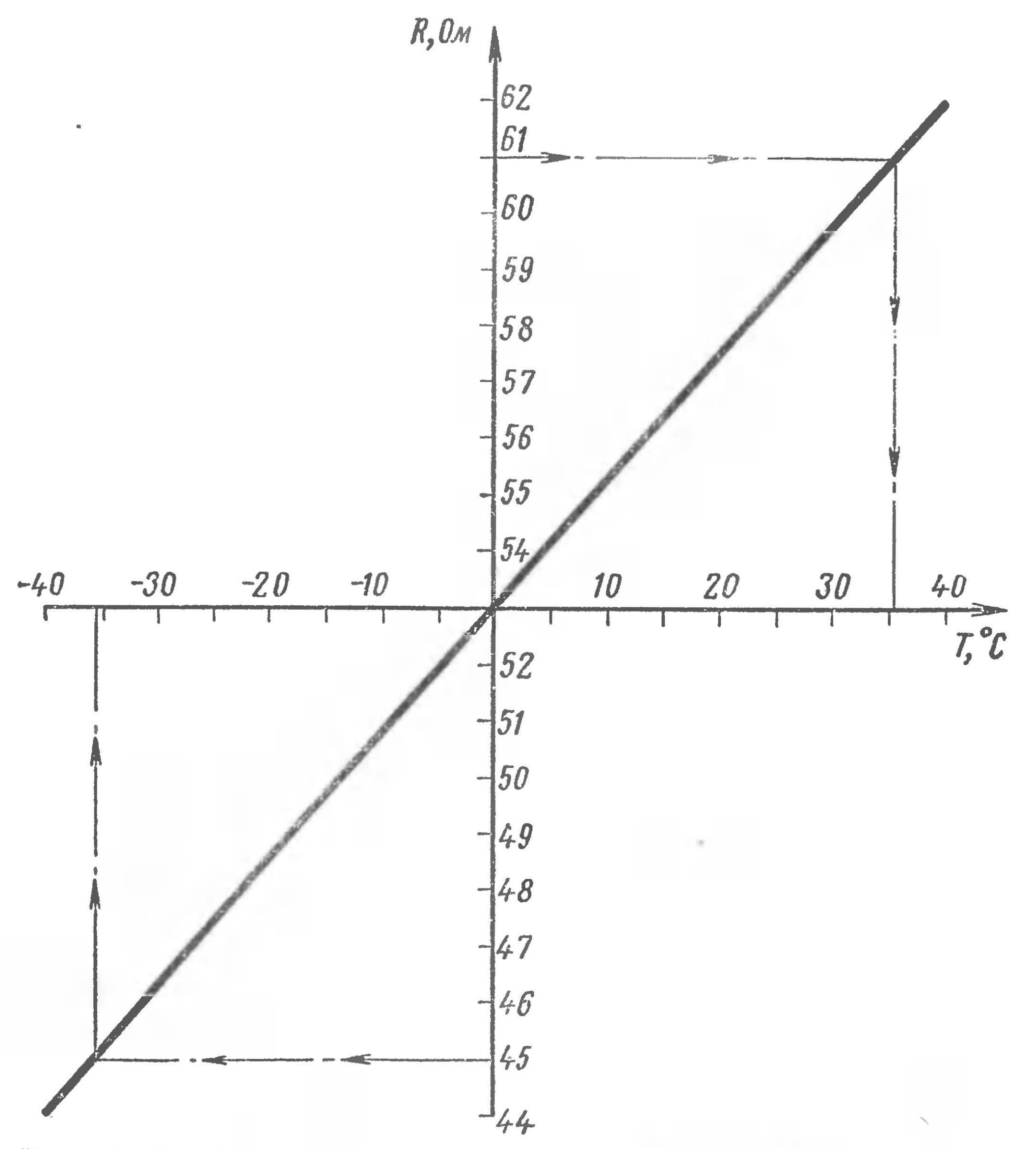


Рис. 5. График зависимости сопротивления датчика от окружающей температуры

Далее демонтируют узлы моста, относящиеся к системам автоматического регулирования. Вместо круговой диаграммы моста устанавливают контактную систему (рис. 6). Она состоит из трех контактных полей и трех токосъемных колец. Систему изготовляют из фольгированного ге-

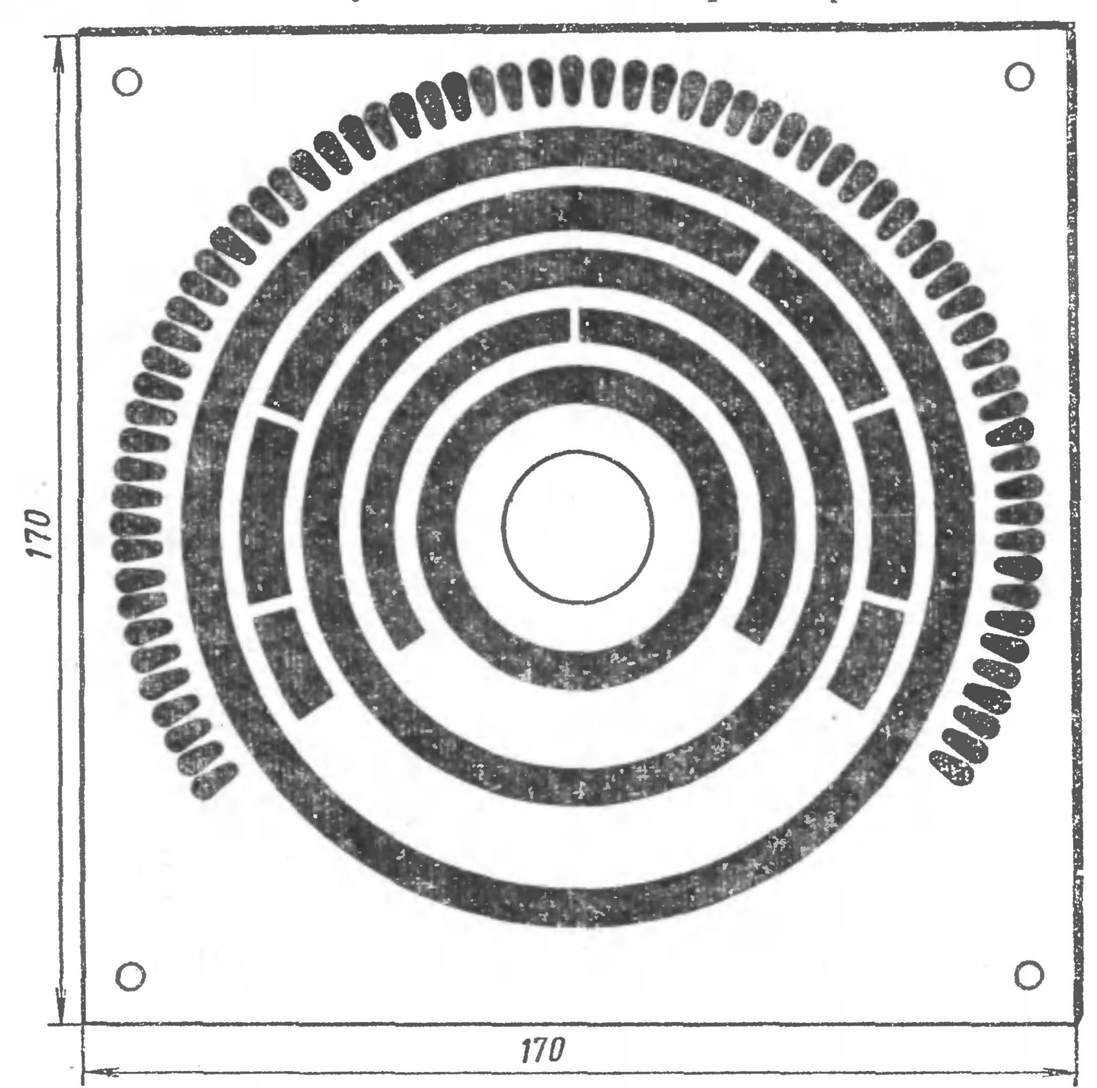


Рис. 6. Печатная плата контактного устройства системы измерения температуры

тинакса толщиной 3 мм. Разметку системы делают после переделки моста: устанавливают границы отклонения стрелки моста в градусах и в соответствии с ними на необходимое число контактов размечают основное поле (внешнее на рис. 6) контактной системы, а затем остальные.

Щетки контактной системы изготовляют на базе указательной стрелки моста. Стрелку нужно укоротить и закрепить на ее втулку пластину из гетинакса необходимых размеров. На ней укрепляют пружинящие контакты, например от реле МКУ-48.

В световом табло вместо тиристоров Д238Е могут применяться тиристоры Д238 и КУ202 с любыми буквенными индексами. Тиристоры смонтированы на пластинах из дюралюминия размерами 100 × 100 × 10 мм, в которых профрезерованы канавки шириной 5 мм и глубиной 8 мм. Расстояние между канавками 5 мм.

Для соединения пересчетных устройств с дешифраторами и электронного переключателя с контактной системой применены 30-контактные разъемы РП14-30. В качестве коммутирующих конденсаторов в электронном переключателе и пересчетных устройствах использованы электролитические конденсаторы К50-6. Все резисторы — МЛТ-0,5. В качестве реле *Р1*, *Р2* и *Р7* применены реле ПЭ-21, но можно МКУ-48, остальные — РЭС-10 (паспорт РС4.524.304). Реле *Р5* состоит из двух реле РЭС-10, включенных параллельно.

В блоке питания применен трансформатор, намотанный на сердечнике Ш40 × 70. Намоточные данные трансформатора приведены в таблице.

Обозначение обмоток	Число витков	Провод
I	440	ПЭВ-1 0,93
II	15	ПЭВ-1 1,5
III	15	ПЭВ-1 1,5
IV	15	ПЭВ-1 1,5
V	15	ПЭВ-1 1,5
VI	15	ПЭВ-1 1,5
VII	15	ПЭВ-1 1,5
VIII	10	ПЭВ-1 1,5
IX	10	ПЭВ-1 1,5
X	10	ПЭВ-1 1,5
XI	10	ПЭВ-1 1,5
XII	7	ПЭВ-1 0,25
XIII	7	ПЭВ-1 0,25

В выпрямителях блока питания могут быть применены диоды Д231, Д232, Д213А, Д232А, Д242—Д247, Д242А—Д247А. Их устанавливают на радиаторы из дюралюминия толщиной 3—5 мм, размерами 100 × 100 мм. В фильтрах блока питания использованы конденсаторы К50-6.

Налаживание табло. Регулировке подвергается система

измерения температуры. Вместо датчика к измерительному мосту подсоединяют магазин сопротивлений. Устанавливая на нем сопротивления, соответствующие крайним положениям щетки на основном поле контактной системы, а затем промежуточные значения через 1 Ом, записывают показания температуры на табло. По полученным значениям температуры и сопротивлений строят график их зависимости в той же системе координат, что и градуировочный график на рис. 5. Оба графика должны либо совпадать, либо быть параллельными. Если прямые совпадают, значит, контактная система работает правильно и щетка установлена верно.

Если же прямые параллельны, это указывает на неправильную установку щетки. Чтобы установить щетку правильно, на магазине получают сопротивление 53 Ом. Затем, отвинтив болт, стопорящий щетки моста, поворачивают их так, чтобы щетка основного поля остановилась на среднем контакте. Если же графики опять не параллельны, то неправильно изготовлена контактная система. В этом случае проверяют правильность ее установки и изготовления.

Затем корректируют контакты поля десятков градусов. Для этого на входе моста оставляют подключенным магазин сопротивлений. На нем сначала устанавливают такое сопротивление, чтобы щетки контактной системы находились в одном из крайних положений. Затем, изменяя сопротивление моста, добиваются перехода щетки десятков градусов на другой контакт поля. Изменять сопротивление моста нужно по одной сотой доли ома. Причем при каком-то изменении сопротивления должно произойти одновременное переключение в полях единиц и десятков градусов и, следовательно, одновременное зажигание другой цифры в ламповых матрицах единиц и десятков градусов. Если этого не происходит, то подрезают края соответствующих контактов. При увеличении сопротивления и зажигании раньше цифры «*9*» единиц градусов, а затем другой цифры десятков градусов, следует подрезать левый край контакта поля единиц градусов. Аналогично корректируют и другие контакты, причем как при увеличении, так и при уменьшении сопротивления магазина. При этом подрезают правые края контактов. Аналогично корректируют контакты знака температуры, однако эта операция значительно проще, так как при температуре 0°С может гореть и «—», и «+».

Корректировку контактов системы следует выполнять очень тщательно, так как, хотя и кратковременно, на табло могут появляться неправильные показания при переходах от температур одного десятка градусов к другому.

Налаживание системы индикации времени сводится в основном к регулировке времязадающего прерывателя для увеличения точности хода.

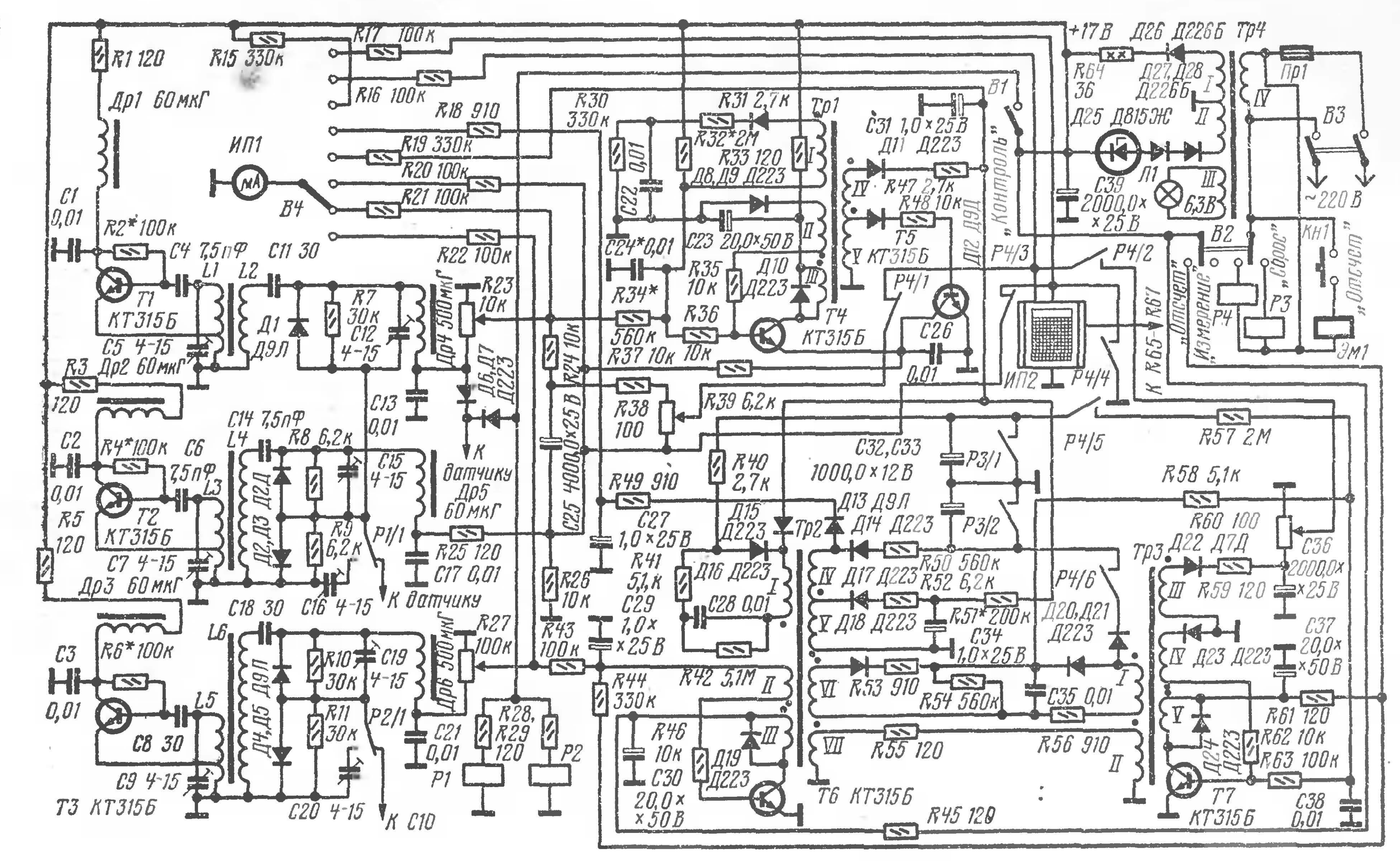
ВЛАГОМЕРЫ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Н. ДУБРОВ,
Б. НЕВЗЛИН,
В. КАПЛИЙ

Автоматический цифровой влагомер

Влагомер (принципиальная схема его изображена на рис. 1) предназначен для измерения влажности таких сыпучих материалов, как дробленый уголь (шихта), формовочные смеси, зерно и других, транспортируемых ленточными конвейерами. Пределы измерения прибором влажности угольной шихты для коксования — от 6 до 16%. Погрешность измерения не превышает 0,5%. Влагомер рассчитан на работу при температуре окружающей среды +(5—35)°С и температуре контролируемого материала в пределах +(5—50)°С. Прибор питается от сети переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 220 В. Потребляемая мощность влагомера без записывающего прибора *ИП2* не превышает 10 ВА.

Принцип работы прибора основан на многопараметрическом методе. Он заключается в том, что измерение параметров сыпучего материала осуществляется на нескольких высоких частотах. Сигнал одной частоты используется для измерения влажности, а остальные — для коррекции основных измерений, зависящих от других характеристик материала. В автоматическом влагомере основным является сигнал частотой 6 МГц. Сигнал частотой 50 МГц используется для компенсации диэлектрических потерь материала (например, зольности шихты), а для учета толщины слоя (загрузки) шихты на ленте — сигнал частотой 1 МГц. Изменения температуры шихты учитываются тремя терморезисторами *R12—R14*, включенными параллельно выходу основного измерительного устройства.



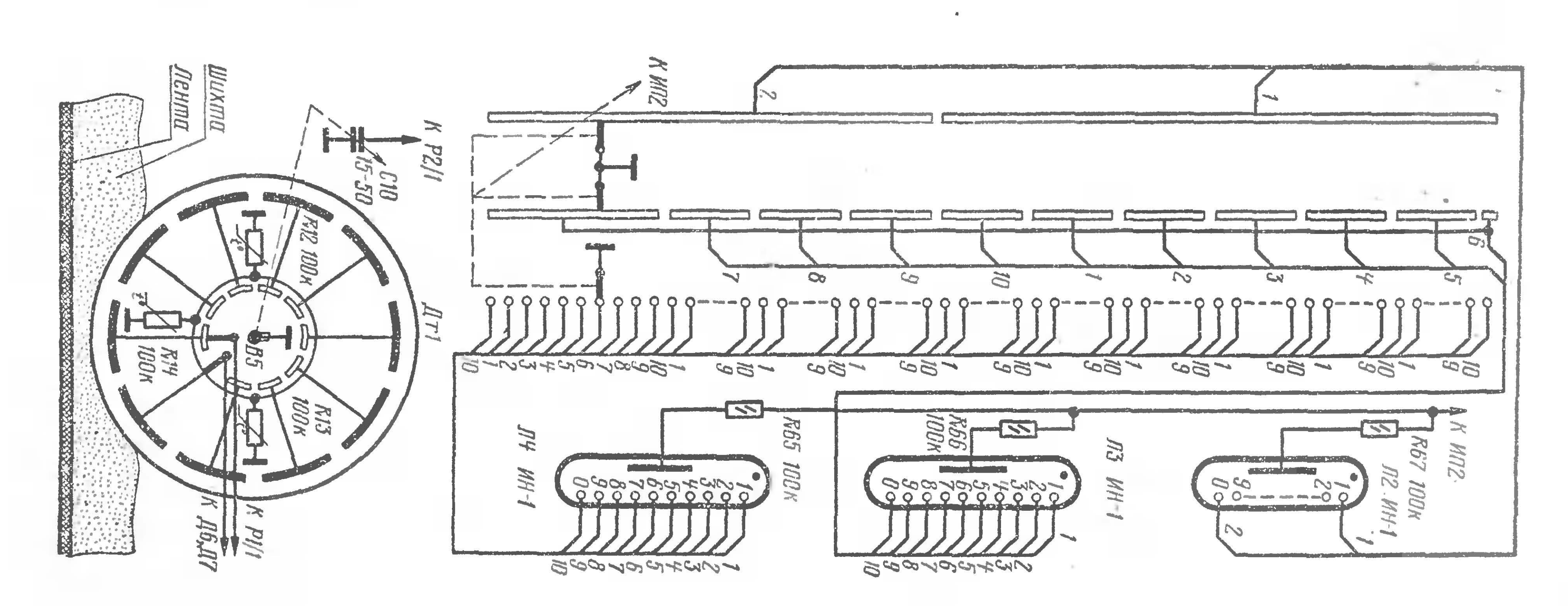


Рис. 1. Принципиальная схема автоматического цифрового влагомера

Влагомер состоит из емкостного дискового датчика, *Дт1*, трех генераторов высокой частоты на транзисторах *Т1 — Т3*, трех измерительных диодно-емкостных устройств (диод *Д1*, диоды *Д2*, *Д3* и *Д4*, *Д5*), стабилизированного источника питания (диоды *Д25—Д28*), записывающего прибора *ИП2* с коммутирующим устройством для индикации результатов измерений цифровыми лампами *Л2—Л4* и решающего блока для вычисления среднего (за определенный промежуток времени) значения влажности материала с учетом изменяющейся загрузки транспортера (транзисторы *Т4—Т7*).

Конструктивно емкостный датчик влажности содержит электродное устройство, коллектор, а также очиститель. Электродное устройство представляет собой три клиновидных диска, выполненных из нержавеющей стали диаметром 450 мм. Два крайних диска являются корпусными и электрически соединены между собой. Средний диск состоит из 10 секций, изолированных друг от друга и от корпусных дисков.

Электродное устройство подвешивают над лентой на качающейся раме с противовесом. При движении ленты транспортера с материалом электродное устройство приводится во вращение. Рабочие секции среднего диска поочередно подключаются коллектором *В5* к измерительным устройствам.

Для измерения толщины слоя шихты на ленте (загрузки) датчик снабжен конденсатором переменной емкости *С10*, одна пластина которого закреплена неподвижно на установке, а вторая —на качающейся раме (при поворачивании ее вокруг горизонтальной оси пластина изменяет свое положение относительно первой).

Генераторы высокой частоты, выполненные на транзисторах *Т1—Т3*, имеют на выходе сигналы частотой 6 МГц, 50 МГц и 1 МГц. Генераторы собраны по схеме индуктивной трехточки с автотрансформаторной обратной связью. С каждого из трех генераторов сигнал поступает на устройство измерения емкости, названное диодно-емкостным. Например, напряжение высокой частоты 1 МГц, снимаемое с катушки связи *L6* генератора на транзисторе *Т3*, через разделительный конденсатор *С18* и диоды *Д4* и *Д5* в соответствующие полупериоды заряжает конденсаторы *С10* (датчик загрузки) и *С19*. Разряд конденсаторов осуществляется через резисторы *R10* и *R11*. Когда полные проводимости

этих конденсаторов равны, токи заряда, протекающие через конденсатор *С18* в разные полупериоды, одинаковы, и постоянная составляющая напряжения на конденсаторе *С18* равна нулю. При возрастании проводимости (например, емкости) в одной из цепей ток заряда возрастает в соответствующий полупериод тока, и на конденсаторе *С18* появляется постоянное напряжение. Оно поступает через разделительный дроссель *Др6* на фильтрующий конденсатор *С21* и резистор *R27*, служащий для установки выходного уровня этого диодно-емкостного измерительного устройства.

Аналогичным образом происходит измерение другими диодно-емкостными устройствами. На устройство, состоящее из диода *Д1*, конденсаторов *С11*, *С12*, резистора *R7* и емкости датчика (между подключаемой коммутатором *В5* секцией среднего диска и крайними дисками), подается сигнал частотой 6 МГц с генератора на транзисторе *Т1*. Постоянное напряжение через фильтр *Др4 С13* снимается на резистор *R23* — резистор установки выходного уровня. Третье устройство на диодах *Д2* и *Д3*, резисторах *R8* и *R9*, конденсаторах *С14—С16* и емкости дискового датчика измеряет на частоте сигнала 50 МГц. С этого устройства постоянное напряжение поступает через фильтр *Др5 С17* на делитель *R25 R26*.

Напряжение с резистора *R23* через резисторы *R24* и *R37* подводится к одному выводу переменного резистора *R38*, на втором его выводе действует напряжение другого измерительного устройства.

Напряжение, снимаемое с резистора *R38*, пропорционально влажности материала с учетом диэлектрических потерь. В режиме измерения влажности (среднее положение переключателя *В2*) ее значения регистрируются на диаграммной ленте самопишущим прибором *ИП2*. Чтобы прочитать значение влажности на цифровых индикаторах *Л2—Л4*, необходимо нажать на кнопку *Кн1* «*Отсчет*», через которую напряжение питания поступит на электромагнит *Эм1*. Он заставит сработать коммутатор прибора *ИП2* так, что через подвижные контакты коммутатора общий провод будет подключен к соответствующим измеряемой влажности выводам катодов индикаторных ламп. Лампа *Л2* служит для индикации десятков, лампа *Л3* — для индикации единиц, а *Л4* — десятых долей процента. Напряжение питания на аноды индикаторных ламп подается от источника

питания усилителя прибора *ИП2* через резисторы *R65—R67*.

Для получения среднего значения влажности $W_{ср}$ за определенный промежуток времени от t_1 до t_2 необходимо иметь информацию не только о текущем значении влажности W_i, но и о текущем значении производительности транспортера Q_i, так как

$$W_{ср} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} W_i Q_i dt}{\int_{t_1}^{t_2} Q_i dt}.$$

Поэтому влагомер содержит решающий блок. Он состоит: из усилителя разности напряжений на транзисторах *Т4*, *Т5*; устройства умножения, собранного на диодах *Д15*, *Д16* и резисторе *R40*; преобразователя напряжение-частота на транзисторе *Т6*; накопительных конденсаторов *С32* и *С33* и устройства деления на транзисторе *Т7*.

Усилитель разности напряжений и преобразователь напряжение-частота представляют собой ждущие блокинг-генераторы. Рассмотрим их работу на примере преобразователя напряжение-частота (транзистор *Т6*).

Управление преобразователем осуществляется напряжением интегрирующего конденсатора *С29*, заряд и разряд которого происходят под действием выходного напряжения измерительного устройства. Когда напряжение на конденсаторе достигает порогового значения, срабатывает блокинг-генератор и начинает формироваться импульс, конденсатор *С29* разряжается через обмотку *II* трансформатора *Тр2*, резистор *R46* и эмиттерный переход транзистора *Т6* до напряжения ниже порогового и транзистор закрывается. После чего процесс заряда повторяется.

В зависимости от величины изменения выходного напряжения измерительного устройства интегрирующий конденсатор *С29* быстрее или медленнее заряжается до порогового значения, при котором срабатывает блокинг-генератор, то есть изменяется и частота вырабатываемых генератором импульсов. Эти импульсы «считаются» накопительным конденсатором *С33*. При срабатывании блокинг-генератора конденсатор заряжается током обмоток *IV* и *V* через диод *Д14* и резистор *R50*. Напряжение, возникающее

при этом на конденсаторе, зависит от частоты следования импульсов и величины тока, возникающего в обмотках *IV* и *V*. Таким образом, в результате описанных преобразований увеличение напряжения на конденсаторе *С33* за определенный промежуток времени пропорционально интегралу выходного напряжения измерительного устройства за тот же промежуток времени.

Принцип действия усилителя разности напряжений аналогичен принципу действия преобразователя напряжение-частота. Различие состоит в том, что усилитель имеет два входа. Кроме основного интегрирующего конденсатора *С24*, заряжающегося через резистор *R34* напряжением основного измерительного устройства, имеется дополнительный конденсатор *С26*. Этот конденсатор через резистор *R39* заряжается от вычитаемого напряжения вспомогательного измерительного устройства. Поскольку величина напряжения на эмиттере транзистора *Т4* пропорциональна величине выходного напряжения вспомогательного измерительного устройства сигнала частотой 50 МГц, а величина напряжения на базе транзистора, поступающего через резистор *R36* с интегрирующего конденсатора *С24*,— величине выходного напряжения основного измерительного устройства сигнала частотой 6 МГц, то моменты срабатывания блокинг-генератора зависят от разности напряжения на базе и эмиттере транзистора. Импульсы напряжения, возникающие в обмотках *IV* и *V* трансформатора *Тр1*, через диод *Д11* и резистор *R47* заряжают конденсатор *С31*. Причем напряжение на нем пропорционально разности напряжений измерительных устройств сигналов частотой 50 и 6 МГц. Во время формирования импульса блокинг-генератором конденсаторы *С24* и *С26* разряжаются через открывшиеся транзисторы *Т4* и *Т5*.

Для получения произведения мгновенных значений сигналов, пропорциональных влажности материала и производительности конвейера, применено устройство умножения (*Д15*, *Д16*, *R40—R42*, *С28* и обмотка *I* трансформатора *Тр2*). Для этой же цели используется цепь, состоящая из диода *Д17*, резисторов *R51* и *R52*, конденсатора *С34* и обмотки *V* этого трансформатора. Она усиливает действие устройства умножения. Принцип действия его основан на сочетании амплитудной и частотной модуляции импульсов, заряжающих интегрирующий накопительный конденсатор *С32*. Ток через него при срабатывании преобразователя напря-

жение-частота равен выходному напряжению усилителя разности напряжений, деленному на сопротивление резистора *R40*. Таким образом, напряжение на конденсаторе *C32* за определенный промежуток времени пропорционально интегралу от произведения величины напряжения сигнала производительности, преобразованного в частоту следования импульсов блокинг-генератора, на величину напряжения сигнала влажности, преобразованного в амплитуду тока заряда накопительного конденсатора C32.

Для деления напряжений на конденсаторах *C32* и *C33* служит устройство на транзисторе *T7* и трансформаторе *Тр3*. Деление происходит тогда, когда будут замкнуты контакты *P4/5* и *P4/6* и будет подано напряжение питания на транзистор *T7* через переключатель *B2* (в положении «*Отсчет*») и фильтр *R61 C37*. При этом подается напряжение на конденсатор *C29*, открывающее транзистор *T6*. Срабатывает блокинг-генератор преобразователя напряжение-частота. Напряжение, возникающее на обмотке *VII* транформатора *Тр2*, создает ток в обмотке *II* трансформатора *Тр3*, что приводит к срабатыванию устройства на резисторах *R54*, *R56—R58*, диодах *Д20* и *Д21* и обмотке *I* трансформатора *Тр3*. Через это устройство заряжается конденсатор *C38*. Напряжение на нем будет пропорционально частному от деления напряжений на конденсаторах *C32* и *C33*. Следовательно, частота следования импульсов, вырабатываемых блокинг-генератором, пропорциональна частному от деления величины напряжения на конденсаторе *C32* на величину напряжения на конденсаторе *C33*. Частота следования импульсов преобразуется в напряжение выпрямителем на диоде *Д22*, резисторе *R59* и конденсаторе *C36*. Это напряжение с резистора *R60* через контакты реле *P4/2* и *P4/4*, замкнутые в положении «*Отсчет*» переключателя *B2*, подается на регистрирующий прибор *ИП2*.

Отсчет среднего значения влажности производится при переключении переключателя *B2* в положение «*Отсчет*». При этом срабатывает реле *P4* и своими контактами *P4/1—P4/6* осуществляет необходимые подключения во влагомере. Среднее значение влажности записывается на ленте регистрирующего прибора или при нажатии на кнопку *Кн1* «*Отсчет*» может быть прочитано на цифровых лампах.

После отсчета переключатель *B2* переводят в положение «*Сброс*», что вызывает срабатывание реле *P3*. Конденсаторы *C32*, *C33* в этом случае разряжаются через контакты *P3/1* и

P3/2. После сброса переключатель *B2* снова устанавливают в положение «*Измерение*».

Для контроля работы влагомера в измерительных устройствах предусмотрена возможность подключения вместо датчика влажности и загрузки *Дг1* контрольных эталонных конденсаторов *C16* и *C20*. Для этого служат реле *P1* и *P2*. При включении тумблера *B1* «*Контроль*» на них подается напряжение питания, они срабатывают, переключая свои контакты *P1/1* и *P2/1*. Кроме того, напряжение питания поступает через диод *Д7* на диод *Д6* и закрывает его, отключая от выхода основного измерительного устройства терморезисторы *R12—R14*. Чтобы проконтролировать напряжения в характерных точках влагомера, в нем имеется переключатель *B4* и измерительный прибор *ИП1*.

Напряжение питания влагомера получается от стабилизированного источника, выполненного на трансформаторе *Тр4* и стабилитроне *Д25*. Для повышения коэффициента стабилизации стабилитрон подключен к основной обмотке *I* через компенсирующую обмотку *II*, включенную встречно, то есть с этих обмоток на стабилитрон снимается разность напряжений. Диоды *Д27* и *Д28* необходимы для термостабилизации. Коэффициент стабилизации такого стабилизатора составляет не менее 100 в диапазоне изменения сетевого напряжения от 180 до 250 В.

Во влагомере терморезисторы *R12—R14* — ММТ-4, резисторы *R23* и *R27* — СПО-II; *R38*, *R60* — ППЗ-43; *R64* — ПЭВ-20; остальные резисторы — МЛТ-0,125. Конденсаторы *C4*, *C6*, *C8*, *C11*, *C14*, *C18* — КТК-2; *C5*, *C7*, *C9*, *C12*, *C15*, *C16*, *C19*, *C20* — КПК-М; *C23*, *C30*, *C32*, *C33*, *C37*—ЭГЦ; *C25*, *C27*, *C29*, *C31*, *C34*, *C36*, *C39* — К50-6, остальные — К74-5-50.

Импульсный трансформатор *Тр1* намотан на сердечнике М2000НМ-А К31 × 18,5 × 7. Обмотки *I* и *V* содержат по 25 витков, *II* и *III* — по 50 витков, а *IV* — 75 витков. Трансформатор *Тр2* выполнен на сердечнике М3000НМ-А К40 × 25 × 11. Обмотка *I* имеет 300 витков, обмотки *II* и *III* — по 200 витков, *IV* — 500 витков, *V* и *VI* — по 100 витков, а *VII* — 20 витков. В трансформаторе *Тр3* использован сердечник М1500НМ-А К16 × 8 × 6. Обмотки *I*, *IV* и *V* содержат по 15 витков, а *II* и *III* — по 3 витка. В трансформаторах *Тр1—Тр3* применен провод ПЭВ-2 0,18.

Трансформатор *Тр4* намотан на сердечнике УШ16 × 16. Обмотка *I* содержит 318 витков, *II* — 19 витков, а *III* —

56 витков провода ПЭВ-2 0,5. Обмотка *IV* имеет 1940 витков провода ПЭВ-2 0,27.

В качестве катушки *L1* применены дроссели ДМ-0,4-10 (соединен с общим проводом) и ДМ-0,4-20; катушки *L2* — дроссель ДМ-0,2-60, *L5* — дроссели ДМ-0,2-60 (соединен с общим проводом) и ДМ-0,4-100, *L6* — дроссель ДМ-0,1-500.

Катушки *L3* и *L4* выполнены в виде печатных проводников двойной архимедовой спирали на плате из фольгированного стеклотекстолита СФ-1 толщиной 2 мм и имеют по 4 витка каждая. Отвод у катушки *L3* делается от первого наружного заземленного витка. Наружный диаметр этих катушек равен 40 мм, ширина витка и расстояние между витками — по 2 мм. Дроссели *Др1*—*Др3*, *Др5* — ДМ-0,2-60, а *Др4*, *Др6* — ДМ-0,1-500.

Реле *Р1* и *Р2* во влагомере — РЭС-10 с сопротивлением обмотки 630 Ом и группой контактов на переключение, *Р4* — ПЭ-20, *Р3* — реле времени пневматического типа РВП-2; электромагнит *Эм1* — РПТ-100. Измерительный прибор *ИП1*—М265, а *ИП2*—электронный потенциометр КСП-4.

Коммутатор представляет собой контактную систему, выполненную методом печатного монтажа на плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм и размерами 290 × 55 мм. Плату устанавливают на шарнирах параллельно оси реохорда прибора *ИП2*. Плата электромагнитом *Эм1* может прижиматься к подвижным контактам, закрепленным на каретке печатающего механизма регистрирующего устройства прибора *ИП2*.

Налаживание влагомера начинают с установки коллекторных токов транзисторов *Т1*—*Т3*, которые должны быть не более 20 мА. Для этого подбирают резисторы *R2*, *R4* и *R6* соответственно. Затем добиваются получения необходимых частот сигналов генераторов, изменяя емкости конденсаторов *С5*, *С7*, *С9*. Подбирая резистор *R32*, устанавливают частоту следования импульсов блокинг-генератора на транзисторе *Т4* равной 1 кГц при отсутствии напряжения на резисторе *R23*. При этом сопротивление резистора *R51* должно быть таким, чтобы при подаче на вход преобразователя напряжение-частота сигнала напряжением 3 В на конденсаторе *С31* напряжение было равно нулю.

Для градуировки шкалы влагомера подготавливают пробы с влажностью, соответствующей началу и концу диапазона. Вначале к точке соединения дросселя *Др4* и конденсатора *С13* подключают измеритель напряжения. Затем погружают датчик в пробу с влажностью, соответствующей началу диапазона, и балансируют основное измерительное устройство, регулируя емкость конденсатора *С12*. Стрелка прибора должна быть на нулевой отметке шкалы. Далее прибор подключают к точке соединения дросселя *Др5* и конденсатора *С17* и балансируют конденсатором *С15* вспомогательное измерительное устройство на 50 МГц. Записывающий прибор при введенных резисторах *R23* и *R38* должен показывать 6% влажности (начало шкалы). После этого датчик погружают в пробу с влажностью, соответствующей концу диапазона, и переменным резистором *R38* устанавливают показания записывающего прибора на 16%.

Режим работы усилителя на транзисторах *Т4* и *Т5* проверяют по величинам напряжений на конденсаторах *С22* и *С31* (5 и 20 В соответственно). Величину этих напряжений устанавливают, подбирая резистор *R34*.

После градуировки шкалы устанавливают величину компенсации. Для этого приготавливают две пробы шихты с зольностями, охватывающими необходимый диапазон компенсации, но одной влажности. Погружая датчик поочередно в обе пробы и перемещая движок резистора *R23*, добиваются независимости показаний записывающего прибора от степени зольности (в любом участке шкалы). Затем, изменяя положение движка резистора *R38*, устанавливают показание записывающего прибора, соответствующее влажности проб, и вновь уточняют градуировку шкалы по методу, описанному выше.

Для изготовления датчика загрузки выясняют зависимость площади сечения потока от высоты слоя шихты. Далее выбирают форму электродов конденсатора *С10* такой, чтобы зависимость емкости конденсатора от угла поворота рычага подвижной пластины была аналогичной. В нижнем положении датчика на ленте (малая загрузка) изменением емкости конденсатора *С19* балансируют измерительное устройство сигнала частотой 1 МГц так, что прибор, подключенный к точке соединения дросселя *Др6* и конденсатора *С21*, будет показывать «0». Движок резистора *R27* устанавливают в такое положение, чтобы скважность импульсов преобразователя напряжение-частота при крайнем верхнем положении датчика (наибольшая загрузка),

соответствующем максимальному уровню шихты, была не менее 20.

Налаживание решающего блока осуществляют при поступлении с измерительных устройств сигналов, соответствующих максимальным влажности материала и производительности транспортера. Получить нужные сигналы можно, подключив параллельно датчикам конденсаторы соответствующих емкостей. Через час работы влагомера в таком режиме конденсаторы *С32* и *С33* (предварительно разряженные) должны зарядиться до +2 и —6 В соответственно. При включении тумблера *В2* в положение «*Отсчет*» срабатывает реле *Р4*. С узла деления на записывающий прибор *ИП2* поступит сигнал, соответствующий максимальной отметке шкалы (величину сигнала в этом случае регулируют резистором *R60*).

Многопараметрический влагомер

Трехчастотный многопараметрический влагомер предназначен для измерения влажности сыпучих материалов (дробленый уголь, формовочные смеси, зерно и другие материалы) непосредственно на месте отбора проб. Пределы измерения влажности угольной шихты составляют 5—25%. Погрешность измерения не превышает 0,5%. Прибор рассчитан для работы при температуре окружающего воздуха +(5—35)°С и относительной влажности до 80%. Температура исследуемого материала может быть в пределах +(5—50)°С. Питание прибора осуществляется от батареи 3336Л. Потребляемый ток около 40 мА.

В этом влагомере также использован многопараметрический метод измерения характеристик сыпучего материала сигналами трех частот: сигналом основной частоты 6 МГц измеряется влажность, сигнал частотой 50 МГц служит для компенсации диэлектрических потерь, сигнал частотой 100 кГц — для компенсации уплотнения.

Влагомер состоит из емкостного датчика, трех генераторов высокой частоты и трех измерительных диодно-емкостных устройств.

Принципиальная схема трехчастотного влагомера показана на рис. 2. Основной генератор, выполненный на транзисторе *Т1* по схеме индуктивной трехточки, вырабатывает сигнал частотой 6 МГц. Этот сигнал с катушки *L2* поступает

через разделительный конденсатор *С10* на основное диодно-емкостное измерительное устройство. К нему через переключатель *В1* подключен емкостный датчик *Дт1*. Если емкости датчика и конденсатора баланса *С11* равны, то токи, протекающие через диоды *Д1* и *Д2*, будут также одинаковы и на конденсаторе *С10* напряжение отсутствует.

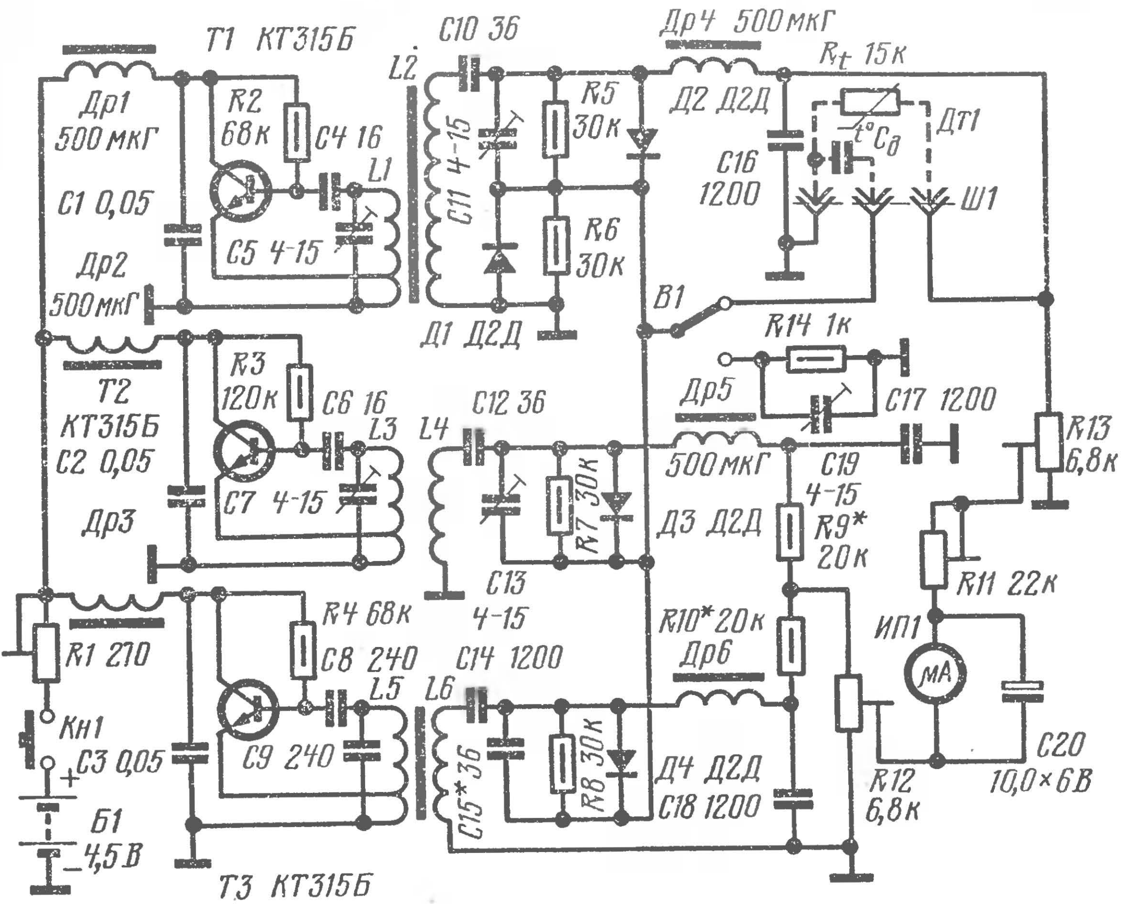


Рис. 2. Принципиальная схема многопараметрического влагомера

При изменении емкости датчика (или конденсатора баланса) соответственно изменится и величина тока. Постоянное напряжение разбаланса с конденсатора *С10* будет поступать через дроссель *Др4* на конденсатор *С16*. Резисторы *R5* и *R6* необходимы для разряда конденсатора баланса *С11* и емкости датчика во время второго (незаряжающего) полупериода напряжения ВЧ. Сопротивление их выбирают из условия полного разряда конденсаторов. Нагрузкой измерительного устройства служит резистор *R13* и измерительный прибор *ИП1*.

Вспомогательный генератор высокой частоты, собранный на транзисторе *Т2* по той же схеме, что и основной генератор, вырабатывает сигнал частотой 50 МГц. Контур генератора через катушку *L4* связан с диодно-емкостным измеритель-

ным устройством на диодах *Д1*, *Д3*, резисторах *R6*, *R7* и конденсаторе *C13*. К этому устройству подключена емкость того же датчика *Дт 1*.

Генератор высокой частоты на транзисторе *Т3* выполнен аналогично двум первым генераторам. Он вырабатывает сигнал частотой 100 кГц. Контур генератора через катушку *L6* связан с диодно-емкостным измерительным устройством на диодах *Д1*, *Д4*, резисторах *R6*, *R8* и конденсаторе *C15*.

Напряжения разбаланса измерительных устройств генераторов выделяются фильтрами *Др5С17* и *Др6С18* соответственно. Нагрузкой измерительных устройств служат резисторы *R9*, *R10* и *R12*. Резистором *R12* устанавливают необходимую величину компенсирующего сигнала, а подбирая резисторы *R9* и *R10*, добиваются необходимого соотношения составляющих компенсирующего сигнала. При подключении эквивалента датчика — конденсатора *C19* и резистора *R14* (нижнее по схеме положение переключателя *В1*) осуществляется контроль работы прибора. Стрелка измерительного прибора *ИП1* в этом случае должна отклониться на последнюю отметку шкалы. Чувствительность измерительного прибора регулируют резисторами *R11* и *R13*.

Во влагомере может быть использован измерительный прибор М265 или М265М с пределом измерений 100 мкА. Все резисторы — МЛТ-0,5; конденсаторы *C1—C3*, *C16—C18* — МБМ; *C4*, *C6*, *C8*, *C15*, *C19* — КТК; *C20* — К50-6; остальные — КПК-1.

Дроссели *Др1*, *Др2*, *Др4*, *Др5* — ДМ-0,1. Дроссели *Др3* и *Др6* имеют индуктивность около 0,2 Г. Они намотаны на сердечниках М2000НМ-7-К9 × 6 × 5 и содержат по 600 витков провода ПЭВ-1 0,12.

Транзисторы, используемые в приборе, должны иметь статический коэффициент передачи по току не менее 40.

Катушки *L1* и *L2* намотаны на четырехсекционном каркасе из органического стекла диаметром 4 мм и имеют сердечники из феррита М100НН типоразмера СС2,8 × 12. Обмотки катушек *L1*, *L2* содержат по 32 витка провода ПЭВ-1 0,32. Обмотка катушки *L1* имеет отвод от 12-го витка, считая от соединенного с общим проводом конца.

Катушки *L3* и *L4* выполнены в виде печатных проводников двойной архимедовой спирали на плате из фольгированного стеклотекстолита и содержат по 3 витка каждая. Ширина витка и расстояние между витками около 2 мм, наибольший диаметр около 40 мм. Катушка *L3* имеет отвод от внешнего витка, считая от конца, соединенного с общим проводом.

Катушка *L5* составлена из двух дросселей ДМ-0,1 и ДМ-0,2 соответственно на 500 и 200 мкГ, соединенных последовательно. Катушкой *L6* служит дроссель ДМ-0,1 на 500 мкГ. При монтаже все три дросселя катушек *L5* и *L6* располагают вплотную друг к другу.

Емкостный датчик многопараметрического влагомера аналогичен датчику, описание которого приведено в статье «Измеритель влажности сыпучих материалов», опубликованной в журнале «Радио», 1973, № 11.

Налаживание влагомера начинают с установки коллекторных токов транзисторов *Т1—Т3*, которые должны составлять не более 15 мА при напряжении питания 3,7 В. Затем добиваются необходимых частот сигналов генераторов, изменяя емкости конденсаторов *C5*, *C7* и *C9*.

Приступая к градуировке шкалы влагомера, подготавливают пробы с влажностью, соответствующей началу (сухая проба) и концу диапазона (влажная проба). Вначале датчик заполняют пробой влажностью, соответствующей началу диапазона, и производят балансирование измерительных устройств. Для этого отключают прибор *ИП1* и подсоединяют авометр (например, ТЛ-4) к выходу фильтра *Др4С16*. Вращая ротор подстроечного конденсатора *C11*, добиваются, чтобы стрелка авометра остановилась против начальной отметки шкалы. Затем авометр подключают к выходу фильтра *Др5С17* и конденсатором *C13* балансируют второе измерительное устройство. Балансировка третьего измерительного устройства осуществляется подбором конденсатора *C15*. Затем проверяют балансировку всех измерительных устройств и, если необходимо, корректируют ее.

Снова, подключив измерительный прибор *ИП1*, движок резистора *R12* устанавливают в нижнее (по схеме) положение, движок резистора *R13* — в верхнее положение, а резистора *R11* — в нижнее. Стрелка прибора должна быть на начальной отметке шкалы. Корректировку осуществляют конденсаторами *C11* и *C13*.

Далее датчик заполняют влажной пробой, соответствующей концу диапазона прибора. Если окажется, что стрелка измерительного прибора *ИП1* зашкаливает, то ее установку на последнее деление шкалы осуществляют резисторами *R11* и *R13*. После этого датчик снова заполняют сухой пробой и проверяют установку стрелки при-

бора на начальную отметку шкалы. При необходимости установку корректируют конденсаторами *C11* или *C13*. При такой градуировке влагомер работает в одночастотном режиме.

Для полной градуировки влагомера движок резистора *R12* устанавливают примерно в среднее положение и, подключив датчик с сухой пробой, стрелку прибора устанавливают на нулевую отметку шкалы резисторами *R13* и *R11*. После этого заполняют датчик влажной пробой и корректируют установку стрелки на последнее деление шкалы теми же резисторами.

Далее, постепенно откручивая винт крышки датчика, сжимающий пружину, проверяют компенсацию по уплотнению. Показания прибора не должны изменяться. Аналогично проверяют компенсацию по диэлектрическим потерям. Для этого необходимо приготовить лишь специальные пробы, например, пробы, увлажняемые водой с солями. Корректировку осуществляют подбором резисторов *R9* — *R11*. Следует учитывать, что после каждой корректировки и подбора резисторов нужно проверять градуировку шкалы. После установки начальной и конечной отметок шкалы можно проградуировать всю шкалу.

Налаживание заканчивают подбором резистора *R14* и конденсатора *C19* так, чтобы при подключении их переключателем *B1* стрелка прибора останавливалась на максимальной отметке шкалы.

РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

КОРОТКОВОЛНОВЫЙ ТРАНЗИСТОРНЫЙ РАДИОПРИЕМНИК

В. БАКЛИЦКИЙ

Радиоприемник собран на шестнадцати транзисторах, шести диодах по супергетеродинной схеме с отдельным гетеродином и рассчитан для приема коротковолновых вещательных радиостанций в диапазонах волн 5,9—7,4 МГц, 9,5 — 12,1 МГц, а также станций в любительском диапазоне волн 14,5—18 МГц. Вместо любительского диапазона он может быть рассчитан для приема в средневолновом диапазоне волн 525—1605 кГц. Чувствительность приемника с телескопической антенной на коротковолновых вещательных диапазонах не хуже 30 мкВ, на любительском диапазоне—не хуже 75 мкВ, на средневолновом — 150 мкВ. Динамический диапазон автоматической регулировки усиления (АРУ)— около 20 дБ. Избирательность по зеркальному каналу составляет 20 дБ, избирательность при расстройке±20 кГц— не менее 38 дБ. Максимальная выходная мощность неискаженного сигнала равна 0,35 Вт. Ток молчания 12 мА.

Питание радиоприемника осуществляется от источника постоянного тока: батареи гальванических элементов или автомобильного аккумулятора напряжением 12 В. Батарея может быть образована, например, двумя параллельными группами последовательно соединенных в каждой группе трех батарей 3336Л.

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 1. Приемник содержит входные цепи, смеситель, собранный на транзисторах *T1* и *T2* по каскодной схеме, отдельный гетеродин (на транзисторе *T7*) со стабилизатором напряжения (транзистор *T8*) и с эмиттерным повторителем (*T6*), двухкаскадный усилитель ПЧ на транзисторах *T3*—*T5*, детектор на диоде *Д1*, систему АРУ с усилителем постоянного тока на транзисторе *T9* и усилитель НЧ на транзисторах *T10*—*T16*.

Принятый сигнал с антенны *Ан1* поступает через один из конденсаторов *C9*—*C11* (в зависимости от того, на

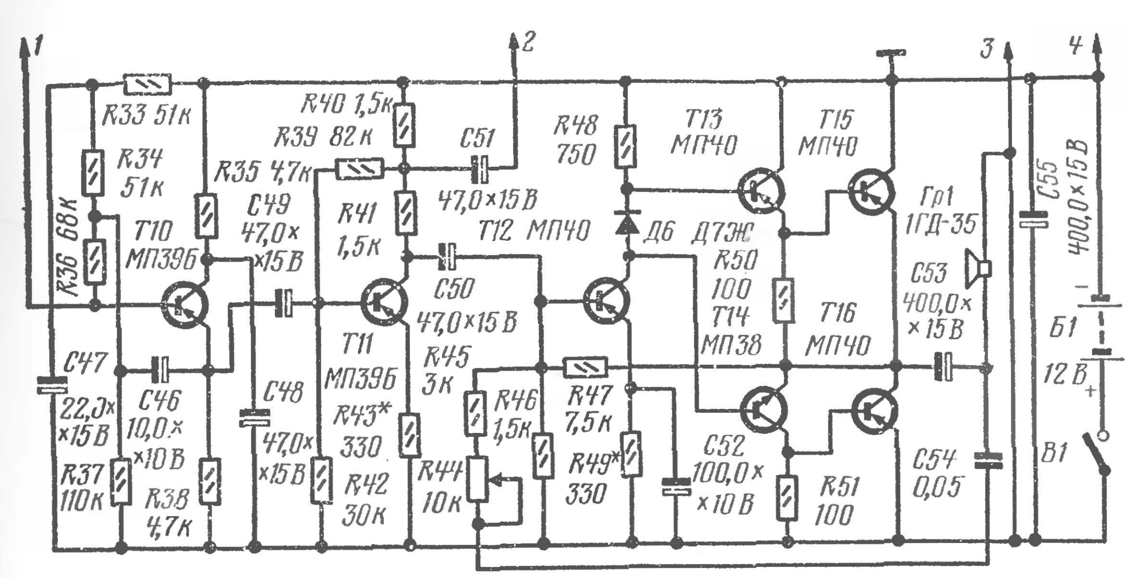


Рис. 1. Принципиальная схема радиоприемника

каком диапазоне ведется прием радиостанций) на один из антенных контуров. При приеме, например в диапазоне 5,9—7,4 МГц, нажата кнопка *Кн3* и, следовательно, сигнал с антенны поступает в антенный контур *L3C11C12* и в связанный с ним входной контур *L6C3C15C7*. В этом случае антенные и входные контуры, соответствующие другим диапазонам, отключены от антенны.

Кроме того, через контакты кнопки *Кн3* переключателя *Кн1—Кн3* на этом диапазоне к гетеродину подключен контур *L9C6C18C29C21C40* (через *Д5*). Контуры гетеродина, соответствующие другим диапазонам, замкнуты накоротко через контакты кнопок *Кн1* и *Кн2*.

Настройка входного и гетеродинного контуров на всех диапазонах осуществляется сдвоенным конденсатором переменной емкости *С7*, *С29*. Предусмотрена также плавная настройка на коротковолновых диапазонах путем изменения частоты гетеродина резистором *R29*. На прием в другом диапазоне можно перейти, переключив входные и гетеродинные контуры переключателем *Кн1—Кн3*.

Сигнал со входного контура через конденсатор *С8* подается на базу транзистора *Т2* смесителя. На базу другого транзистора *Т1* смесителя через конденсатор *С23* подается напряжение гетеродина, снимаемое с нагрузки *R28* эмиттерного повторителя на транзисторе *Т6*.

Высокая избирательность приемника по соседнему каналу обеспечивается тем, что нагрузкой смесителя служит пьезоэлектрический фильтр ПФ1П-2. Фильтр *Ф1* связан с контуром *L10C22R3* смесителя катушкой связи *L11*.

С фильтра *Ф1* через конденсатор *С27* сигнал промежуточной частоты поступает на усилитель ПЧ.

Гетеродин приемника собран на транзисторе *Т7* по схеме с автотрансформаторной обратной связью и общей базой. Напряжение питания гетеродина стабилизировано стабилизатором, собранным на транзисторе *Т8* и опорном диоде *Д4* (стабилитрон, включенный в прямом направлении). Особенностью гетеродина является наличие плавной регулировки его частоты на коротковолновых диапазонах. Это осуществляется изменением напряжения закрывания диода *Д5* резистором *R29*, что приводит к полному или частичному включению в контур гетеродина конденсатора *С40*. Достигаемое изменение частоты гетеродина составляет 200 кГц. Эмиттерный повторитель на транзисторе *Т6* почти полностью исключает влияние входных цепей на работу гетеродина, что особенно удобно при настройке высокочастотной части радиоприемника.

Усилитель ПЧ на транзисторах *Т3—Т5* содержит два каскада усиления — апериодический (на транзисторе *Т3*) и каскад, собранный по каскодной схеме на транзисторах разной структуры *Т4* и *Т5*. Нагрузкой каскодного усилителя служит резонансный контур *L12C31*.

С части витков катушки этого контура напряжение промежуточной частоты поступает на амплитудный детектор, выполненный на диоде *Д1*. Нагрузкой детектора служит конденсатор *С32*, с которого через фильтр *R15C41* и разделительный конденсатор *С34* продетектированный сигнал подается на регулятор громкости — переменный резистор *R16*. Постоянная составляющая напряжения, возникающая на конденсаторе *С32* и зависящая от величины принимаемого сигнала, управляет устройством АРУ.

Смеситель и первый каскад усилителя ПЧ охвачены системой АРУ, которая включает в себя ограничитель сигнала АРУ на диоде *Д2*, усилитель постоянного тока на транзисторе *Т9* и сглаживающий фильтр *R19C42C26*. Используемый в качестве *Д2* диод Д223 обладает нелинейной характеристикой с изгибом около 1 В, что позволяет получить задержку регулировки усиления до амплитуды сигнала, равной 1 В. Выбранная система автоматической регулировки обладает достаточным для приема сигналов динамическим диапазоном, примерно равным 20 дБ.

Стабилизация напряжения питания высокочастотной части приемника осуществляется стабилитроном *Д3*.

Низкочастотный сигнал с движка резистора *R16* поступает на вход первого каскада усилителя НЧ — эмиттерный повторитель на транзисторе *Т10*, который исключает шунтирование нагрузки детектора входным сопротивлением усилителя НЧ. Отрицательная обратная связь, введенная в эмиттерном повторителе через цепочку *С46R36*, необходима для обеспечения требуемого динамического диапазона.

На транзисторах *Т11*, *Т12* собраны каскады усиления напряжения. В каскаде на транзисторе *Т11* за счет включения в цепь эмиттера резистора *R43* введена отрицательная обратная связь по постоянному и переменному току. Обратная связь по постоянному току стабилизирует режим работы каскада, что способствует независимости его характеристик от разброса параметров транзистора и от изменений температуры. Обратная связь по переменному току стабилизирует усиление, уменьшает нелинейные и частотные искажения и увеличивает входное сопротивление каскада.

Транзисторы *Т13—Т16* усилителя *НЧ*, резисторы *R50*, *R51* и конденсатор *С53* образуют двухтактный оконечный бестрансформаторный каскад. Резисторы *R50* и *R51* повышают термостабильность выходного каскада.

Режим работы выходного каскада зависит от режима предвыходного каскада на транзисторе *Т12*. Устанавливают его путем подбора резистора *R49*. Усиленный по напряжению сигнал снимается с резистора *R48* и с коллектора транзистора *Т12* на выходной каскад. Различие напряжений в этих точках достигается за счет включения диода *Д6*. С выхода усилителя на базу транзистора *Т12* через резистор *R47* делителя *R46R47* подается напряжение отрицательной обратной связи по постоянному и переменному току. Кроме того, с выхода усилителя на базу транзистора *Т12* поступает напряжение частотно-зависимой отрицательной обратной связи по цепочке *С54R44R45*. Изменяя сопротивление переменного резистора *R44* цепочки можно регулировать тембр воспроизводимых передач.

При указанных на схеме номиналах деталей динамический диапазон неискаженного усиления усилителя НЧ составляет не менее 40 дБ.

Детали в приемнике применены в основном стандартные. Постоянные резисторы — УЛМ или ВС-0,125 и МЛТ-0,25; переменные резисторы — СП3-3В. Конденсаторы — КТ-1, КСО-1, МБМ или КДС; подстроечные конденсаторы — КПМ-М. В качестве электролитических конденсаторов и блока

конденсаторов переменной емкости использованы конденсаторы, выпускаемые фирмой «Tesla».

В каскадах смесителя, гетеродина и усилителя ПЧ транзисторы П416 и МП38 могут быть соответственно заменены на П403 (П422, П423) и МП37.

В усилителе НЧ транзисторы МП39Б могут быть заменены на транзисторы МП40 и МП41, однако при этом несколько возрастает уровень собственных шумов усилителя. Выходные транзисторы МП40 можно заменить транзисторами МП41, а транзисторы МП38 — транзистором МП37.

Без существенной переделки выходная мощность приемника может быть повышена до 2 Вт. Для этого в качестве транзисторов *Т15* и *Т16* используют транзисторы П214 (П215, П217). Однако максимальное пиковое значение потребляемого приемником тока в этом случае возрастает со 100 до 500 мА, а ток молчания увеличивается до 20 мА.

Катушки *L10—L12* усилителя ПЧ намотаны внавал на трехсекционных каркасах из полистирола и находятся в броневых сердечниках из феррита М600НН диаметром 8,6 мм и высотой 4 мм. Подстроечные сердечники также из феррита М600НН, их длина — 12, а диаметр — 2,8 мм. Для крепления катушек на плате и их экранировки использованы экраны от катушек серийных приемников «Топаз», «Селга» и др.

Катушки гетеродинных и входных контуров коротких волн намотаны на каркасах из гетинакса диаметром 10 мм, но могут быть использованы каркасы катушек любого контура телевизора «Рубин». Катушки *L1—L3* намотаны внавал, а у катушек *L4—L9* — намотка рядовая.

Катушки *L1*, *L2*, *L3* намотаны соответственно вместе на одном каркасе с катушками *L4*, *L5*, *L6*. Подстроечные сердечники катушек *L2* с *L5* и *L7* из феррита М600НН, а остальные из латуни, они имеют диаметр 5,5, а длину 10 мм.

При переоборудовании приемника на средневолновый диапазон используют для намотки катушек *L1*, *L4* и *L7* такие же каркасы и сердечники, как и при намотке катушек контуров усилителя ПЧ: каркасы в броневых сердечниках из феррита М600НН диаметром 8,6 мм и высотой 4 мм. Сердечники для подстройки также из феррита М600НН длиной 12 и диаметром 2,8 мм.

Катушка *L1* для средневолнового диапазона содержит 270 витков провода ПЭЛШО 0,06, а *L4*—140 витков провода ЛЭШО 5 × 0,06, катушка *L7* имеет 16 + 109 витков

провода ЛЭШО 5 × 0,06. Намотка катушек — внавал. Витки отсчитывают от вывода, обозначенного на принципиальной схеме точкой. Конденсатор сопряжения *С16* гетеродинного контура со входным должен иметь емкость равной 390 пФ.

Намоточные данные всех катушек для коротковолновых диапазонов приведены в таблице.

Обозначение по схеме	Число витков	Провод
L1	30	ПЭЛШО 0,35
L2	40	»
L3	60	»
L4	15	ПЭЛ 0,8
L5	20	»
L6	28	»
L7	2 + 11,5	»
L8	2,5 + 14,5	»
L9	3,5 + 18,5	»
L10	70	ПЭВ-2 0,12
L11	35	»
L12	2,5 + 96,5	»

Конструктивно приемник выполнен в виде четырех блоков, укрепленных на общем основании (рис. 2). Транзисторы и электролитические конденсаторы устанавливают в жестко укрепленных держателях на монтажных платах из гетинакса. Остальные детали укрепляют с помощью их выводов в отверстиях этих плат. После распайки и налаживания блок заливают клеем БФ-2 или лаком НЦ-212.

Блок усилителя НЧ *1* собран на двух монтажных платах размерами 80 × 100 мм. На одной из них (рис. 3, *а*) закреплены транзисторы *Т10—Т12* и детали, относящиеся к этим каскадам усилителя. На другой плате (рис. 3, *б*) закреплены транзисторы *Т15—Т16* с радиаторами и *Т13*, *Т14*. После монтажа и налаживания усилителя обе платы соединяют, расположив параллельно друг другу, болтами с колонками *2*. Затем платы устанавливают вертикально на монтажном основании *11* из дюралюминия слева от переключателя диапазонов приемника *16*.

Блок входных и гетеродинных контуров *3* с клавишным переключателем диапазонов *16* размещен в средней части монтажного основания приемника. В качестве переклю-

чателя диапазонов используется переделанный кнопочный переключатель магнитофона «Комета». Кнопки записи и разовой остановки переключателя вместе с тягами удаляют; подвижные платы переключения дополнены до шести контактов; на каждой линейке неподвижной платы число контактов доведено до необходимого (см. рис. 1) количества. Следует заметить, что требуемая переделка

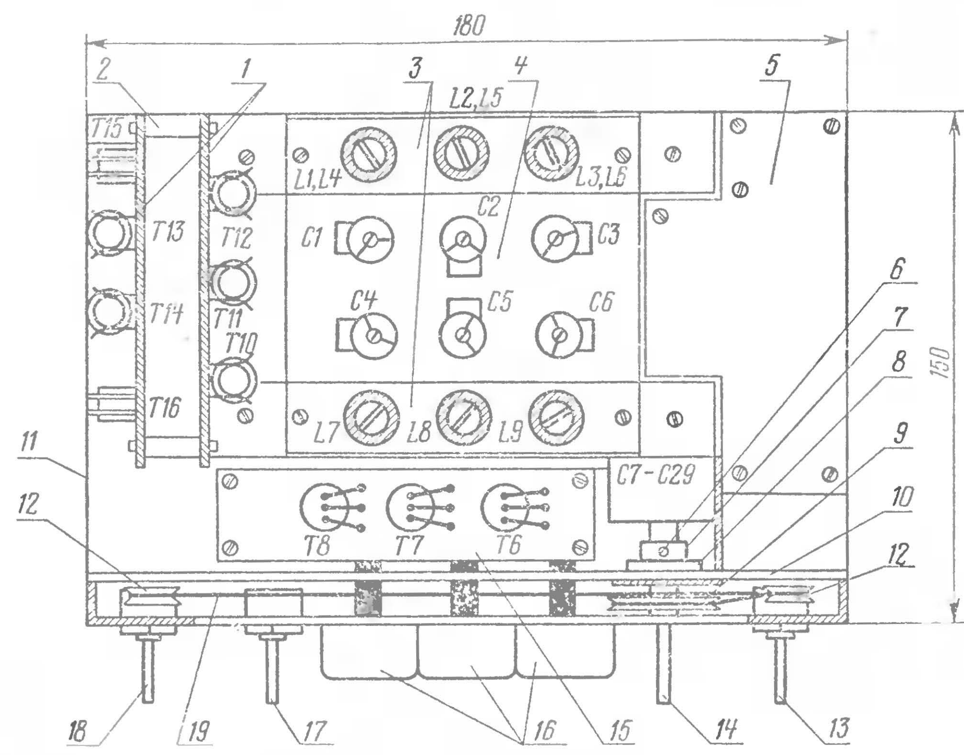


Рис. 2. Расположение плат радиоприемника на монтажном основании

переключателя магнитофона «Комета» не представляет сложности, поскольку все платы имеют готовые стандартные (под лепесток контакта) отверстия. На верхней же плате *4* переключателя устанавливают гетинаксовые платы *3* со входными и гетеродинными контурами и все остальные детали входной части приемника (подстроечные конденсаторы *С1—С6*, переходные конденсаторы и конденсаторы сопряжения диапазонов). Входные и гетеродинные контуры помещены в экран.

Блок усилителя ПЧ собран на монтажной плате из гетинакса (см. рис. 3, *в*) и помещен в латунный экран *5*. (см. рис. 2). Блок располагают на монтажном основании приемника справа от переключателя диапазонов *16*.

Детали блока гетеродина (транзисторы *Т6—Т8*, диоды *Д4*, *Д5* и др.) монтируют на отдельной плате *15*

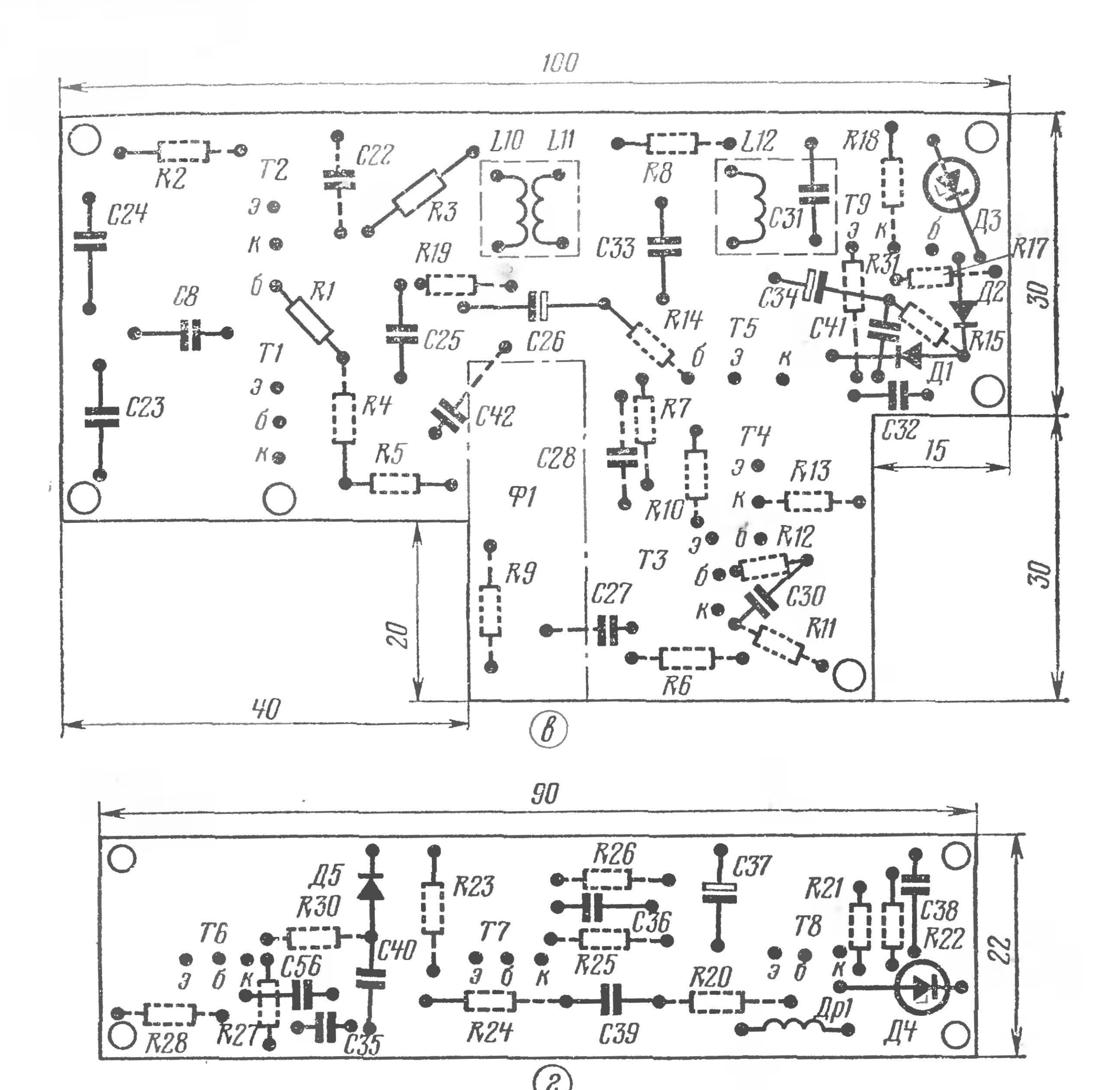


Рис. 3. Расположение деталей на монтажных платах радиоприемника: *а* — с транзисторами *Т10—Т12*; *б* — с транзисторами *Т13—Т16*; *в* — блок усилителя ПЧ; *г* — блок гетеродина.

(рис. 3, *г*), расположенной над механизмом клавишного переключателя перед платой с входными и гетеродинными контурами.

Механизм настройки (см. рис. 2) включает в себя: подшипниковый редуктор *6—8*, шкалу, устанавливаемую в корпусе приемника, ведущий шкив *9* с ручкой управления *14*, шнур *19* и направляющие ролики *12*. Шкалу можно изготовить самостоятельно или использовать от приемника «Соната». Внешняя обойма подшипника запрессована в передней стойке. Ручка управления с ведущим шкивом жестко связаны с внутренней обоймой подшипника *8*, к которой припаяна переходная муфта *7*. В муфте поперечным

винтом *6* закрепляют ось ротора блока конденсаторов настройки. На ручку настройки плотно надевают пластмассовый ведущий шкив диаметром 24 мм, который приводит в движение шелковый шнур *19*, натянутый на роликах *12* и, следовательно, стрелку настройки. Размеры ведущего шкива выбирают такими, чтобы при полном

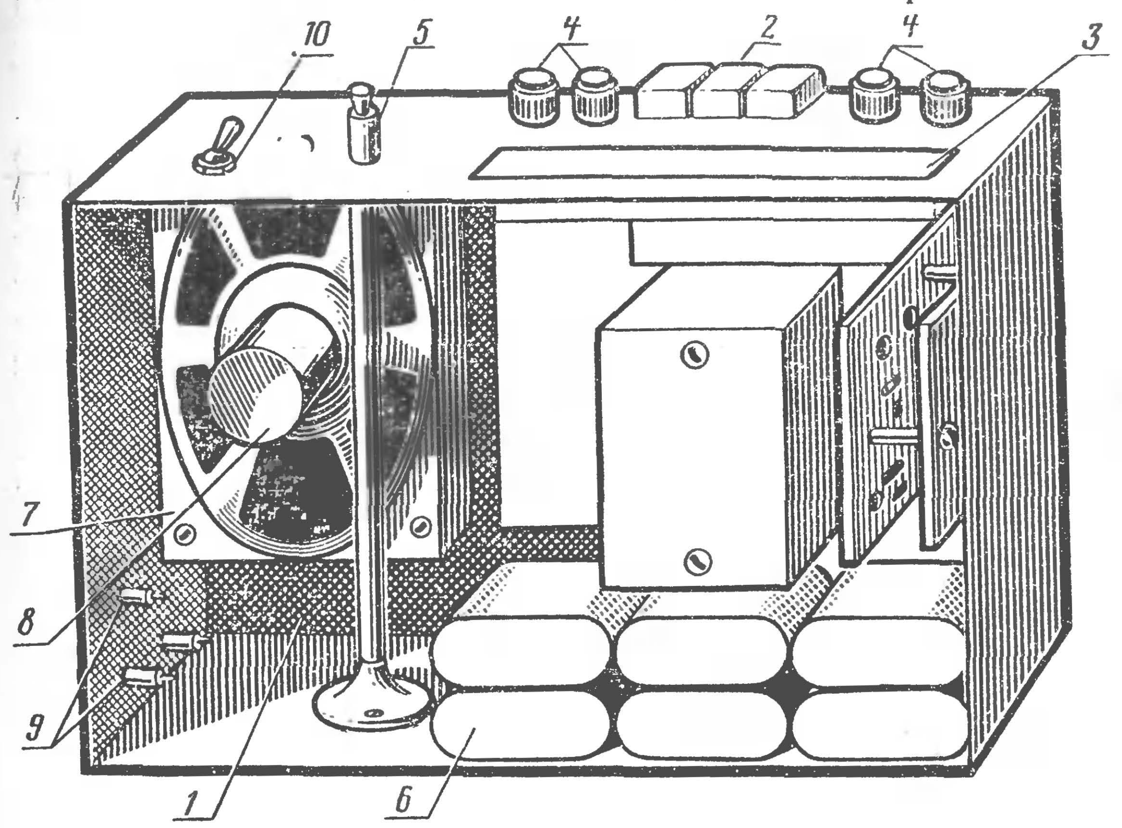


Рис. 4. Размещение блоков и деталей внутри корпуса радиоприемника

изменении емкости конденсаторов настройки стрелка указателя настройки перемещалась вдоль всей шкалы. Размеры элементов верньерного устройства могут быть изменены в соответствии с размерами используемой шкалы.

За шкалой настройки устанавливают декоративную алюминиевую пластину *10*. К передней стойке крепят также регуляторы громкости *13*, тембра *18* и плавной подстройки на станцию *17*.

Все остальные детали приемника и монтажное основание в собранном виде размещают в корпусе из пластмассы или дюралюминия размерами 20 × 33,5 × 10 см. Расположение деталей и отдельных блоков приемника показано на рис. 4, на котором изображен приемник со снятой задней стенкой корпуса. Монтажное основание четырьмя болтами укрепляют на стенке *1* так, что клавиши переключателя диапазонов *2*, шкала настройки *3* и ручки управ-

ления *4* выступают в специально сделанные отверстия верхней части корпуса приемника. В корпусе же крепят телескопическую антенну *5* (в приемнике использована антенна от переносного телевизора «Юность»), шесть батарей 3336Л *6* и акустический блок.

Акустический блок состоит из резонаторной камеры *7* размерами 16 × 11 × 2,5 см, выполненной из фанеры толщиной 5 мм и электродинамической головки прямого излучения *8*. Акустический блок значительно увеличивает габариты корпуса приемника, однако обеспечивает достаточно качественное воспроизведение принимаемых передач.

На одной из боковых стенок корпуса приемника крепят входные клеммы *9* для подключения блока внешнего питания и внешней антенны. Включение приемника осуществляется отдельным тумблером *10*, расположенным в верхней части корпуса.

Налаживание приемника сводится к установке рабочих режимов транзисторов всех блоков, настройке фильтров усилителя ПЧ и сопряжению настроек входного и гетеродинного контуров на всех диапазонах.

Требуемые величины токов транзисторов устанавливают путем подбора резисторов, отмеченных на принципиальной схеме звездочками. В усилителе ПЧ через транзистор *Т3* должен протекать коллекторный ток 0,85 мА, а через транзисторы *Т4* и *Т5* — по 0,7 мА. Режим транзистора *Т8* стабилизатора напряжения питания гетеродина устанавливают подбором резистора *R21* до получения на коллекторе транзистора напряжения 4 В.

Методика настройки приемника (установка границ диапазонов и сопряжение настроек входных и гетеродинных контуров) не отличается от обычной.

При идентичных характеристиках транзисторов *Т13* и *Т14*, а также транзисторов *Т15* и *Т16* налаживание усилителя низкой частоты сводится к установке подбором резистора *R49* одинаковых напряжений, падающих на транзисторах *Т15* и *Т16*. Подбирая резистор *R43*, устанавливают требуемую величину динамического диапазона. В правильно налаженном усилителе НЧ при плавном увеличении входного синусоидального сигнала, начиная с единиц милливольт, ограничение синусоиды на выходе усилителя, наблюдаемой на экране осциллографа, должно наступать одновременно как в положительные, так и в отрицательные полупериоды.

СТЕРЕОФОНИЯ

СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ

В. ВАГИН

Усилитель предназначен для качественного воспроизведения стереофонических программ. Возможна также работа усилителя в режиме «*Моно*» с микрофоном и электромузыкальными инструментами.

Выходная мощность одного канала усилителя равна 15 Вт при коэффициенте нелинейных искажений менее 2%. Чувствительность усилителя при работе от звукоснимателя составляет 0,12 В, а при работе от микрофона — 2 мВ. Рабочий диапазон частот не менее 30—15 000 Гц. Глубина регулировок тембра в диапазоне 100—10 000 Гц не менее ± 10 дБ.

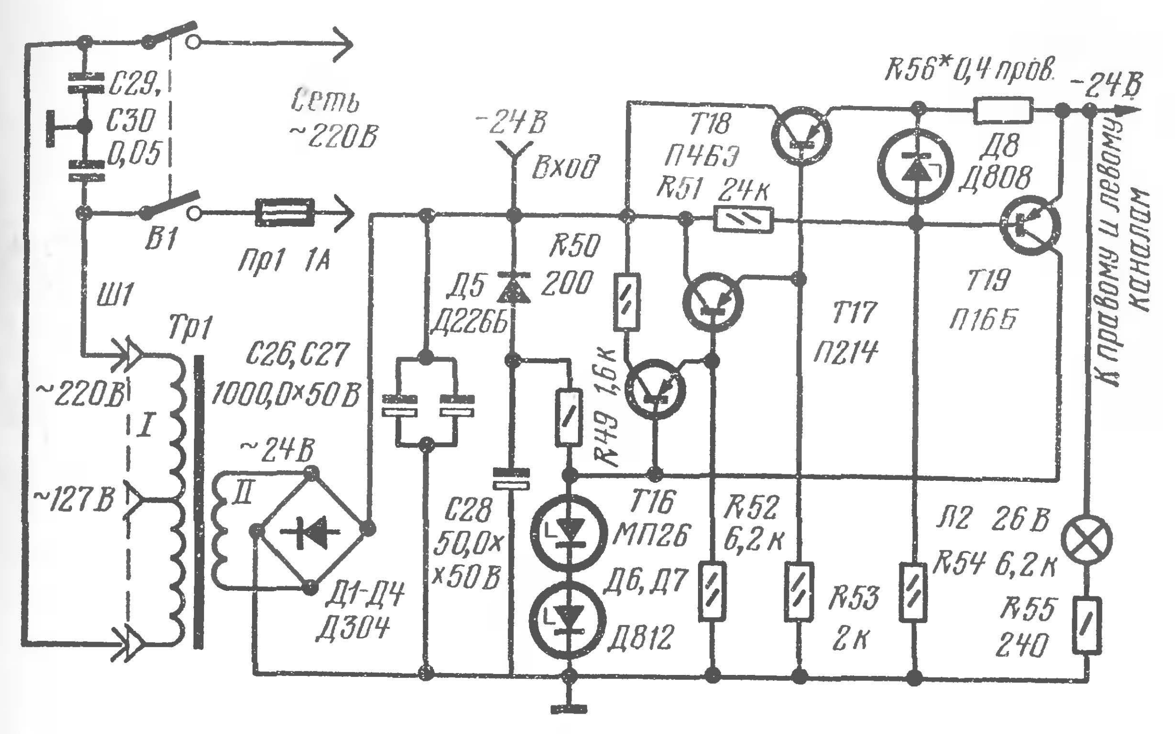
Каждый канал нагружен на свой акустический агрегат, содержащий четыре громкоговорителя: 6ГД-1, 1ГД-2 и два 4ГД-7. Номинальное сопротивление нагрузки 2,2 Ом на канал. Размеры акустического агрегата 880 × 360 × 160 мм.

Усилитель работает при подключении к сети переменного тока напряжением 127 или 220 В. Возможно также питание от источника постоянного тока напряжением 24 В.

Принципиальная схема одного канала (левого), микрофонного усилителя и схема коммутации входных гнезд всего усилителя изображены на рисунке (с. 68—69). Там же приведена схема блока питания (общего для двух каналов).

Входной каскад усилителя обеспечивает достаточно большое входное сопротивление. Оно изменяется от 700 до 400 кОм в зависимости от положения движка переменного резистора *R2* (или *R42* для другого канала)— регулятора громкости. Для получения такого входного сопротивления усилителя транзистор *Т1* должен иметь $B_{ст}$=200 и малый начальный ток (все остальные транзисторы усилителя могут иметь $B_{ст}$=40—80).

Включение после каскада усиления эмиттерного повторителя, собранного на транзисторе *Т2*, обеспечивает согласование с ним цепей регулировки тембра.



Принципиальная схема стереофонического усилителя

Транзистор *Т3* третьего каскада усилителя охвачен отрицательной обратной связью через цепочку *С10R16* для обеспечения более устойчивой работы. Для получения равномерной частотной характеристики усилитель охвачен общей отрицательной обратной связью. Напряжение отрицательной обратной связи с выхода усилителя подается через цепочку *С12R21* на третий каскад.

Далее сигнал через эмиттерный повторитель, выполненный на транзисторе *Т4*, поступает на пятый каскад (транзистор *Т5*). В этом каскаде, кроме усиления сигнала, за счет включения диода *Д10* обеспечивается получение противофазных напряжений, необходимых для работы двухтактного выходного каскада усилителя и подаваемых затем на предвыходной каскад усиления (транзисторы *Т6* и *Т7*). Транзисторы *Т10* и *Т11* выходного каскада соединены с предвыходным через согласующие эмиттерные повторители соответственно на транзисторах *Т8* и *Т9*.

Выходной каскад усилителя является двухтактным и бестрансформаторным каскадом, работающим в режиме *АВ*.

Транзисторы *Т12* и *Т13* служат для защиты выходных транзисторов усилителя от перегрузок по току. Они шунтируют цепи баз транзисторов *Т8* и *Т9* соответственно, если ток в цепях эмиттеров транзисторов *Т12* и *Т13* превысит 2 А.

С выходного каскада сигнал подается на акустический агрегат.

При работе усилителя от микрофона для усиления сигнала включается дополнительный микрофонный усилитель, собранный на транзисторах *Т14*, *Т15*.

Стабилизированный блок питания усилителя выполнен по компенсационной схеме с защитой от перегрузок и коротких замыканий. Работа стабилизатора и цепей защиты была описана в статье В. Колосова в журнале «Радио», 1970, № 12. Ток отсечки стабилизатора, равный 2,8 А, получают, подбирая резистор *R56*.

Детали и конструкция. Вместо транзисторов П602 в усилителе можно применить любые транзисторы от П601 до П605. Если же вместо транзисторов П602 включить транзисторы П213 или П214, то полоса частот усилителя не превысит 12 500 Гц и появится заметное «выпучивание» частотной характеристики у частоты 7000 Гц.

Вместо указанного комплекта громкоговорителей можно применить по три громкоговорителя 4ГД-7 или 4ГД-28, включенных параллельно в каждой колонке. При этом рабочий диапазон частот будет равным 60—12 500 Гц.

Резисторы *R36*, *R37* и *R56* выполняют в виде катушек, намотанных двойным проводом из нихрома диаметром 0,3 мм на корпусах резисторов ВС-0,5. Переменные резисторы *R2* и *R42* имеют зависимость сопротивления от угла поворота оси типа В, а резисторы *R9*, *R11* и *R25* — типа А.

Силовой трансформатор выполнен на Ш-образном сердечнике сечением 28 × 33 мм. Его обмотка *I* содержит 1300 + 1000 витков провода ПЭВ-2 0,31, а обмотка *II* — 250 витков провода ПЭВ-2 1,2.

Монтаж деталей каждого канала усилителя выполнен на платах из гетинакса с размерами 140 × 115 × 2 мм. Монтаж на плате правого канала представляет собой зеркальное отражение монтажа на плате левого канала, так как силовой трансформатор *Тр1* размещен в середине конструкции, между платами усилителей. За ним на отдельной плате монтируют детали блока питания.

Выходные транзисторы каналов, а также транзистор *Т18* блока питания закреплены на отдельных ребристых радиаторах, изготовленных из алюминия, без изолирующих прокладок. Размеры радиаторов 65 × 65 × 32 мм. Все радиаторы размещены в один ряд за платами и трансформатором.

Электролитические конденсаторы фильтра блока питания установлены на кронштейнах под радиаторами и под платами усилителей.

Микрофонный усилитель выполнен на плате размерами 50 × 60 мм и размещен у задней стенки усилителя.

Сверху весь усилитель накрыт П-образной крышкой из винипласта с отверстиями для охлаждения.

Каждый акустический агрегат представляет собой «закрытый ящик» размерами 880 × 360 × 160 мм, выполненный из фанеры толщиной 10 мм с отверстиями для громкоговорителей. С трех сторон он обтянут декоративной тканью. Внутренняя поверхность его покрыта поролоном толщиной 10 мм. Каждый агрегат соединен с усилителем кабелем длиной 6 м.

Налаживание усилителя следует начинать с блока питания. Сначала проверяют напряжение на входе и выходе стабилизатора, а затем работу устройства защиты, нагружая стабилизатор на реостат и изменяя его сопротивление.

Подключив усилитель, переменным резистором *R25* устанавливают на коллекторе транзистора *Т11* напряжение, равное половине питающего, то есть — 12 В. Вслед за этим следует проверить начальный ток в цепи коллектора транзистора *Т10*, который должен быть около 50 мА. При необходимости для получения такого тока подбирают диод *Д10* или шунтируют его резистором сопротивлением 200—2 000 Ом.

Следует проверить режимы транзисторов на соответствие напряжениям, указанным на схеме, которые измерены относительно общего провода авометром ТТ-1.

Потом размещают диод *Д10* на радиаторе одного из транзисторов *Т10* или *Т11*, за счет чего вводится термокомпенсация начальной точки режима усилителя.

При эксплуатации коммутирование входов осуществляют, используя необходимые разъемы. При работе усилителя от микрофона его штепсельную часть разъема подключают к гнездовой части правого канала, а в гнездовую часть левого вставляют штепсель с перемычкой. Таким образом сигнал с микрофонного усилителя пойдет только на левый канал, если усилитель будет работать в режиме «*Стерео*». В режиме «*Моно*» сигнал поступит на оба канала.

Настройку стереобаланса усилителя производят в режиме «*Моно*» по яркости свечения ламп индикации правого и левого каналов.

АВТОМАТИКА

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ НА ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРАХ

Б. ПЕРМИНОВ

В настоящее время в устройствах автоматики используется много приборов (полупроводниковых и других) с сильно выраженной, так называемой релейной вольтамперной характеристикой. Эти приборы применяются, в частности, в реле времени. Однако существующие реле времени, собранные на таких приборах, сложны, обеспечивают малую стабильность выдержки времени, имеют большие габариты, а также дороги. Применение в этих устройствах разработанных в настоящее время оптоэлектронных приборов (ОЭП), называемых также специалистами оптронами, позволяет добиться лучших результатов.

ОЭП конструктивно могут быть самыми различными. Данная статья посвящена описанию реле времени на ОЭП, состоящих из фоторезистора и лампы накаливания, световой поток которой воздействует на фоторезистор. При соединении ОЭП последовательно с обмоткой электромагнитного реле и подаче напряжения питания получается устройство, обладающее свойствами реле времени. Включение такого реле времени может осуществляться следующими способами: изменением внешней подсветки, сопротивления в цепи прохождения тока через ОЭП и электромагнитное реле и напряжения питания цепи. Поэтому в зависимости от способа включения возможно построение следующих реле времени: реле времени с внешней подсветкой, реле времени с увеличением сопротивления нагрузки и реле времени с возвращением цепи в исходное состояние. Каждое из этих реле может быть выполнено по различным схемам.

Одна из схем реле времени с внешней подсветкой приведена на рис. 1. При включении тумблера *В1* загорается лампа накаливания внешней подсветки *Л1*, что вызывает уменьшение сопротивления фоторезистора *R1* оптрона и увеличение тока через последовательно соединенные ОЭП и обмотку реле *Р1*. Режим этой цепи становится неустойчивым

за счет положительной оптической обратной связи в ОЭП. При этом происходит возрастание тока в цепи от первоначального значения I_1 до I_2. Реле времени при этих токах находится в устойчивых состояниях (на графиках рис. 1 — точки *1* и *2*). Если ток I_2 больше тока срабатывания реле *Р1*, то оно включается и замыкает свои контакты. Время задержки включения реле определяется инерцион-

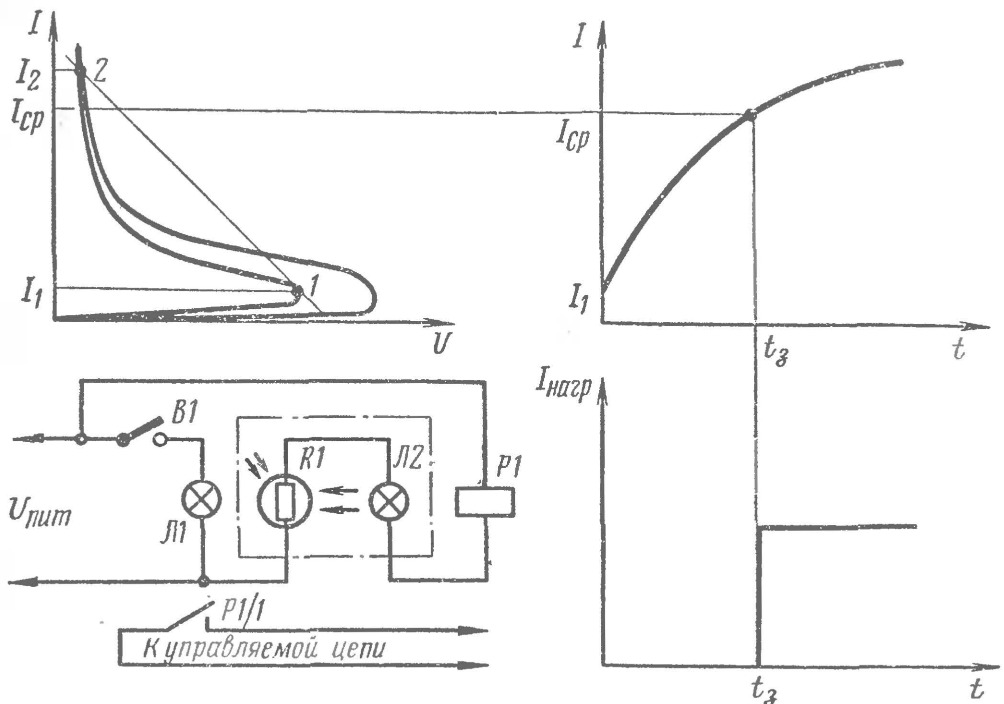


Рис. 1. Принципиальная схема реле времени с внешней подсветкой

ностью лампы накаливания внешней подсветки и переходным процессом ОЭП. Так как время переходного процесса лампы накаливания внешней подсветки значительно меньше времени переходного процесса ОЭП, им можно пренебречь. Следовательно, время задержки срабатывания контактов *Р1/1* реле *Р1* после включения тумблера *В1* может быть рассчитано по формуле:

$$t_з = \tau \ln \frac{1}{1 - \dfrac{\sqrt{\dfrac{I_{ср}}{I_{срб}}}}{\dfrac{I^2_{ло} \cdot к}{I^2_{лоб} \cdot к_б}}},$$

где $I_{ср}$ — ток срабатывания электромагнитного реле, А;
$I_{ло}$ — ток через лампу накаливания *Л1*, А (лампу внешней подсветки *Л1* выбирают того же типа и с теми же параметрами, что и лампа оптрона);

κ — коэффициент передачи ОЭП в статическом режиме, $\frac{\text{Ом}}{\text{В}^2}$;

$\kappa_б$ — коэффициент передачи, принятый за базовую единицу, равен 1 $\frac{\text{Ом}}{\text{В}^2}$;

$I_{лоб}$ — базовая единица тока лампы *Л1*, равная 1 А;

$I_{срб}$ — базовая единица тока срабатывания, то есть 1 А;

τ — среднее значение постоянной времени ОЭП, с;

По формуле, задаваясь необходимым временем задержки, можно определить отношение

$$\frac{\sqrt{\frac{I_{ср}}{I_{срб}}}}{\frac{I^2_{ло}\cdot\kappa}{I^2_{лоб}\cdot\kappa_б}},$$

которое для обеспечения нормальной работы реле времени должно быть меньше единицы. Исходя из этого и выбрав электромагнитное реле, рассчитывают ток через лампу *Л1*, который не должен превышать ее номинальный ток.

Расчет величины необходимого напряжения питания для всех реле времени осуществляют по формуле:

$$U_{пит} = \sqrt{\frac{2R}{\kappa}},$$

где R — активное сопротивление в цепи ОЭП без учета сопротивления фоторезистора.

Экспериментально с помощью реле времени, собранного по этой схеме, было получено максимальное время задержки около трех минут.

Реле времени с увеличением сопротивления нагрузки может быть собрано по схеме, изображенной на рис. 2. Ток, проходящий по цепи I_2, в этом случае больше тока срабатывания электромагнитного реле *Р1* и контакты *Р1/1* разомкнуты под воздействием якоря реле. При выключении тумблера *В1* сопротивление цепи возрастает за счет резистора *R1*. Ток в цепи уменьшается до такой величины, что режим реле времени становится неустойчивым и начинается переходный процесс уменьшения тока в цепи до величины I_1'. На графиках рис. 2 изменение сопротивления цепи выражается второй нагрузочной прямой, на которой точкой *3* отмечено неустойчивое состояние реле времени.

Следовательно, при уменьшении тока через обмотку реле *Р1* до величины, меньшей тока отпускания $I_{отп}$ электромагнитного реле, контакты *Р1/1* его замыкаются. Для возвращения устройства в исходное состояние нужно вновь включить тумблер *В1*. Время задержки в этом случае определяют по формуле:

$$t_з = \tau \ln\left(\frac{\kappa}{\kappa_б}\frac{I_2}{I_{2б}}\sqrt[3]{\frac{I_2}{I_{отп}}}\right).$$

Чем больше первоначальный ток через ОЭП I_2 (ток до размыкания ключа *В1*), тем больше время задержки реле. Ве-

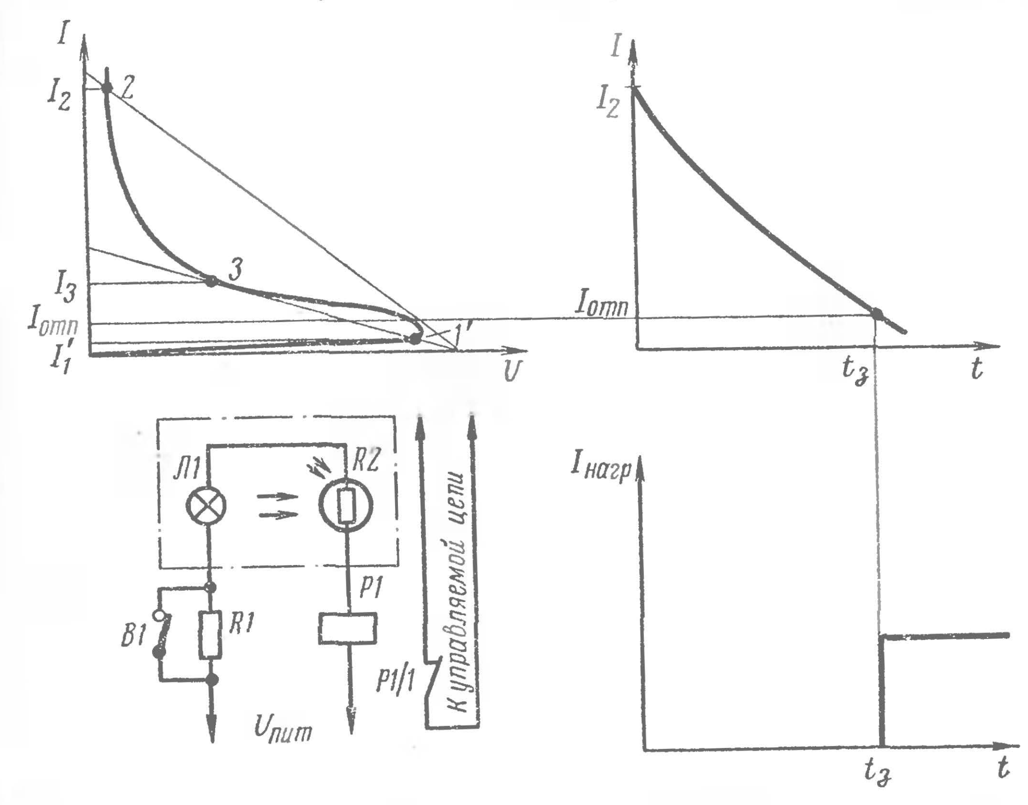


Рис. 2. Принципиальная схема реле времени с увеличением сопротивления нагрузки

личина этого тока ограничена допустимой мощностью рассеяния применяемого фоторезистора и лампы накаливания и не может превышать $I_{л.ном}$. Задавшись временем задержки и выбрав реле, рассчитывают ток через ОЭП.

Время задержки, полученное с помощью такого реле времени, не превышает одной минуты.

Схема реле времени с возвращением цепи в исходное состояние изображена на рис. 3. Это реле совмещает в себе все элементы описанных реле времени. При включении тумблера *В1* загорается лампа *Л1*, освещая фоторезистор *R1*.

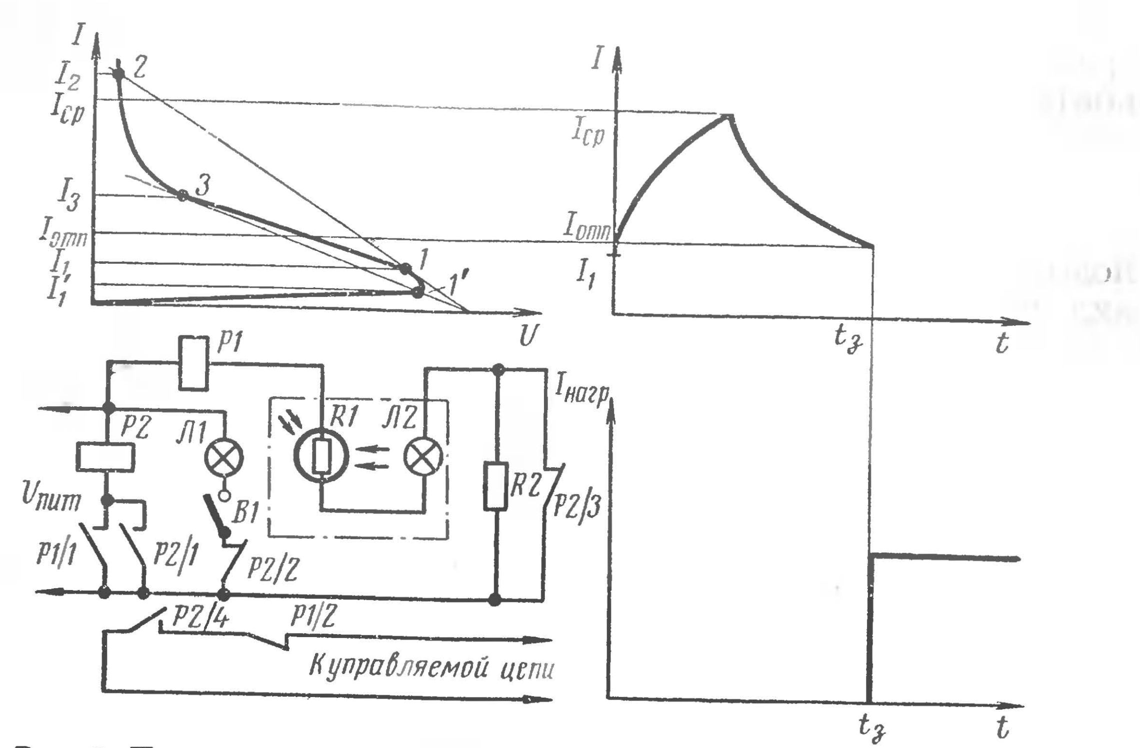


Рис. 3. Принципиальная схема реле времени с возвращением в исходное состояние

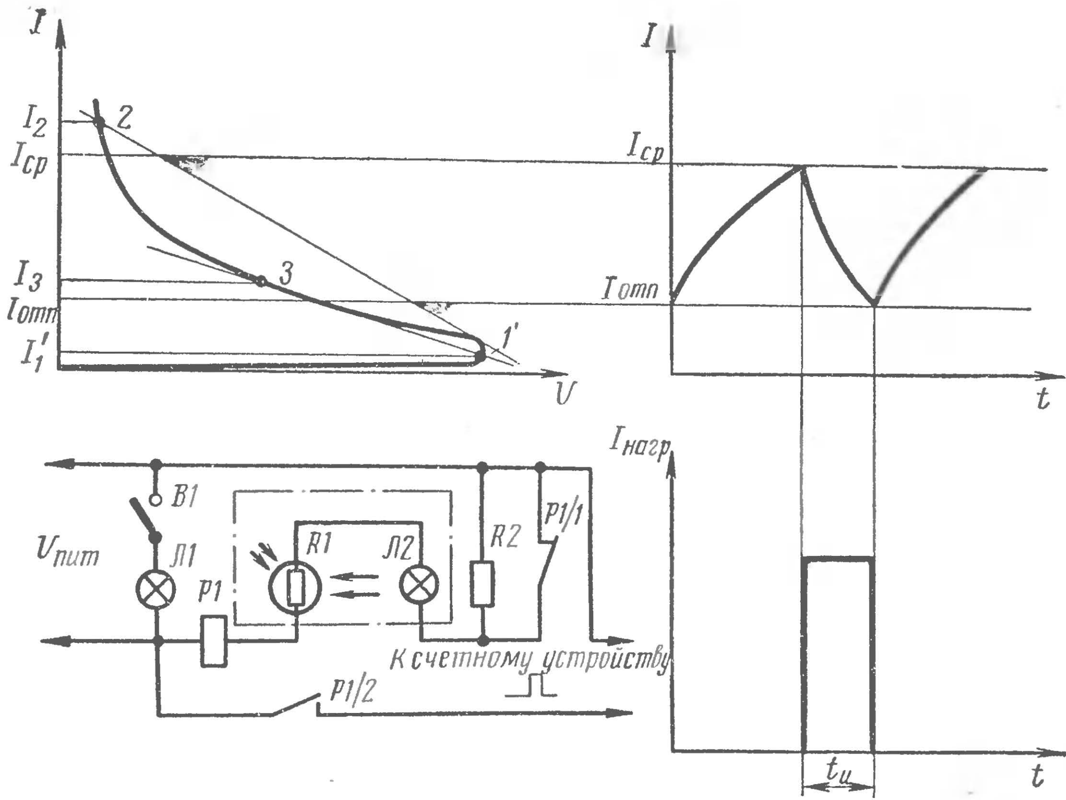


Рис. 4. Принципиальная схема генератора импульсов на ОЭП

Ток через ОЭП начинает возрастать до тех пор, пока не сработает реле *P1*. Когда оно сработает, то замкнутся его контакты *P1/1*, подающие напряжение питания на обмотку реле *P2*, и разомкнутся контакты *P1/2* в цепи управления. Реле *P2* контактами *P2/1* самоблокируется, контактами *P2/2* разрывает цепь питания лампы *Л1*, контактами *P2/4* подготовит цепь управления и, наконец, контактами *P2/3* включит последовательно с ОЭП и реле *P1* резистор *R2*. При этом начинается второй переходный процесс уменьшения тока в цепи ОЭП. Когда этот ток будет меньше тока отпускания *P1*, реле отпустит якорь и вернется в исходное состояние. Контакты *P1/2* реле замкнут цепь управления. Время задержки в этом случае можно рассчитать по формуле:

$$t_з = \tau \ln \frac{\frac{к}{к_б} \cdot \frac{I_{ср}}{I_{срб}} \sqrt[3]{\frac{I_{ср}}{I_{отп}}}}{1 - \frac{\sqrt{\frac{I_{ср}}{I_{срб}}}}{\frac{I_{ло}^2 \cdot к}{I_{лоб}^2 \cdot к_б}}}.$$

С помощью такого реле времени было получено время задержки более трех минут.

На ОЭП можно собрать также простые генераторы импульсов, которые могут быть использованы в реле времени генераторного типа. В таком реле времени импульсы, вырабатываемые генератором на ОЭП, поступают на счетное устройство, которое, в свою очередь, управляет исполнительным механизмом.

Принципиальная схема генератора импульсов такого реле времени показана на рис. 4. Принцип работы генератора в одном цикле аналогичен принцину работы реле времени с возращением цепи в исходное состояние. Отличие заключается лишь в непрерывности работы генератора импульсов. При подаче тумблером *B1* напряжения питания на лампу *Л1* ток через ОЭП начнет возрастать до тех пор, пока не сработает реле *P1*. Реле *P1* в этом случае замкнет свои контакты *P1/2* и подаст таким образом напряжение на выход генератора. Контакты *P1/1* реле разомкнутся и последовательно с ОЭП и реле *P1* будет включен резистор *R2*. Ток в этой цепи начнет уменьшаться. Когда он будет меньше тока срабатывания реле *P1*, реле возвратится в исходное

состояние. Напряжение на выход уже не будет поступать. Затем процесс повторится.

Реле времени генераторного типа на ОЭП может быть собрано и по другим схемам. Например, схему реле времени на рис. 3 можно легко преобразовать в схему генератора импульсов реле времени генераторного типа, если исключить контакты *Р2/1* и *Р1/2* или *Р2/4*.

Все описанные устройства могут работать от источника как постоянного, так и переменного напряжения. Для стабильной работы реле времени следует питать стабилизированным напряжением источника питания. Во всех описанных реле рекомендуется использовать оптоэлектронный прибор ОЭП-1, основные технические характеристики которого приведены в таблице:

$U_{л. ном}$, В	$I_{л. ном}$, мА	$U_{заж}$, В	$P_{ф. доп}$, Вт	τ, с	K, $\frac{Ом}{В^2}$
6	20	1,8	0,5	0,1—0,7	50—80

Литература

Перминов Б. А. Статические характеристики управляемых фотоэлектрических преобразователей. «Приборы и системы управления», 1968, № 10.

Удалов Н. П., Аракелян Г. А. и др. Статические характеристики оптрона с положительной оптической обратной связью. «Приборы и системы управления», 1971, № 10.

СОДЕРЖАНИЕ